

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

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник
Том 1 (28)

ДО 80-РІЧЧЯ ГЕОГРАФІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ

Київ
2013

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2013. – Т. 1(28). – 119 с.

HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:

The scientific collection / The editor-in-chief V.K. Khilchevskiy. – 2013. – Vol. 1(28). – 119 p.

У збірнику вміщено статті, в яких викладено методичні розробки, а також результати теоретичних та прикладних гідрологічних, гідрохімічних і гідроекологічних досліджень, що виконано в різних установах України.

- Науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” засновано у травні 2000 р.
 - Зареєстровано 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 р.
 - Постановою Президії ВАК України № 1-01/10 від 13 грудня 2000 р. включено 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 р.
-
- **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
(19 лютого 2013 р., протокол № 2)*

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 КОЛЕГІЯ:

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*;

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

Гребінь В. В., Яцюк М. В., Чунарьов О. В.

Гідрографічне районування території України: принципи, критерії, порядок здійснення..... 6

Онищук В. В.

Оцінка пропускнуої здатності русел гірських річок..... 17

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

Ободовський О. Г., Данько К. Ю.

Просторово - часова динаміка руслоформуючих витрат води річки Десна..... 29

Гопченко Є. Д., Овчарук В. А., Кічук Н. С.

Особливості застосування редукційних формул максимального стоку річок..... 37

Чорноморець Ю. О., Лук'янець О. І.

Схеми розрахунку розподілу стоку весняного водопілля р. Прип'ять та оцінка ефективності їх застосування на прикладі 2009-2012 рр..... 43

Іванова Н. О., Настюк М. Г., Нікоряк В. В.

Можливості використання сучасних методів вимірювання морфометричних та гідравлічних параметрів поверхневих водотоків (на прикладі річок басейнів Верхнього Пруту та Сірету)..... 51

Приймаченко Н. В.

Просторовий розподіл опадів під час дощових паводків на правобережжі Дністра в межах України..... 60

ГІДРОХІМІЯ. ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Hilcevschi V. K. Gonsear O.M., Zabocrîța M. R.

Regimul hidrochimic și calitatea apelor de suprafață ale bazinului Nistru teritoriul Ucrainei 68

Перевозчиков І. М., Савицький В. М.

Гідрохімічний режим та якість води річки Інгулець..... 76

Павельчук Є. М.

Гидролого-гидрохимическая изученность территории Житомирской области..... 82

ГІДРОЕКОЛОГІЯ. ГІДРОБІОЛОГІЯ

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

Компонентний склад розчинених органічних речовин у воді верхнього Київського ставу та його сезонні зміни..... 89

Осипенко В. П.

Молекулярно-масовий розподіл вуглеводів і білковоподібних речовин у поверхневих водоймах..... 98

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Наконечна М. В., Соловей Т. В.

Вплив забруднення поверхневих вод на інтенсивність хімічної денудації в долині р. Чорний Потік (Прут-Дністровське межиріччя)..... 104

Смирнова В. Г.

Трансформація річок та річкових русел (на прикладі річкових водних об'єктів Полтавської області)..... 109

Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія»..... 117

C O N T E N T S

THE GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

Grebin' V.V., Yatsiuk M.V., Chumaryov O.V. Hydrographic zoning of Ukraine's territory: principles, criteria, methodology for realization.....	6
Onischuk V. Score transporting capacity of highlands river channels.....	17

HYDROLOGY. WATER RESOURCES

Obodovskiy O. G., Danko K. Yu. Spatiotemporal evolution of river bed formation discharges of Desna River.....	29
Gopchenko E. D, Ovcharuk V. A., Kichuk N. S. Application features of reduction formulas of maximum runoff of rivers.....	37
Chornomorets Yu. O. Luk'yanets O. I. Charts of calculation of distribution of flow of spring tide of the river Pripjat and estimation of efficiency of their use on an example 2009-2012.....	43
Ivanova N., Nastuk M., Nikoryak V. The possibilities of using modern measurement methods of morphometric and hydraulic parameters of surface waters (for example, river basins of the Upper Prut and Siret).....	51
Prymachenko N. V. Spatial allocation of precipitations during a high waters on the right bank of the Dnister in extent of Ukraine.....	60

HYDROCHEMISTRY. HYDROEKOLOGY

Khilchevsky V. K., Gonchar O. M., Zabokrycka M. R. The hydrochemical regime and water quality of the Dnister surface water basin in Ukraine.....	68
Perevozchikov I.M., Savitskiy V.M. Hydrochemical regime and water quality of the Ingulets river.....	76
Pavelchuk E.M. Hydrological and hydrochemical study of the territory of Zhytomyr region.....	82

HYDROEKOLOGY. HYDROBIOLOGY

Ivanechko Ya.S., Linnik P.N., Zhezhera V.A., Linnik R.P. Component composition of the dissolved organic matter in water of the upper Kytaiv pond and its seasonal changes.....	89
Osypenko V.P. The molecular mass distribution of the carbohydrates and protein-like substances in different surface water bodies.....	98

GEOGRAPHICAL ASPECTS OF HYDROLOGICAL RESEARCH

Nakonechna M.V., Solovey T.V. The influence of pollution of surface waters in the intensity of chemical denudation in the valley of the Black Stream (the Prut-Dnisters country between land).....	104
Smirnova V.G. Transformation of the rivers and river channels (for example of the river water objects of Poltava region).....	109
The presenting and official registration of the articles for the scientific periodical collection «Hydrology, hydrochemistry and hydroecology»	117

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

УДК 556.012:556.51

Гребінь В. В.¹, Яцюк М. В.², Чунарьов О. В.²

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка;

²Державне агентство водних ресурсів України

ГІДРОГРАФІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ: ПРИНЦИПИ, КРИТЕРІЇ, ПОРЯДОК ЗДІЙСНЕННЯ

Ключові слова: гідрографічне районування, принципи, критерії, методика здійснення, район річкового басейну, суббасейн, схема

Актуальність. Прийняті Україною зобов'язання слідувати принципам, викладеним у Водній Рамковій Директиві ЄС, вимагають реформування системи управління водними ресурсами, метою якого є досягнення відповідності цієї системи розробкам, здійсненим у Європейському Союзі [1]. Існує нагальна потреба здійснення певних заходів для переходу від радянської системи, орієнтованої, переважно, на використання ресурсів, до такої, при якій басейн розглядається як об'єкт (комплексний) управління водними ресурсами та його планування. Розробка планів управління річковими басейнами потребує проведення гідрографічного районування території України, що враховує вимоги ВРД.

У попередній статті [2] нами розглянуто сучасний стан розвитку законодавчої бази України стосовно процесу реформування системи управління водними ресурсами. Проаналізовано досвід європейських країн щодо розробки схем гідрографічного районування території. Зазначено необхідність проведення гідрографічного районування території України як передумову розробки планів управління окремими річковими басейнами. Нові підходи щодо проведення гідрографічного районування території країни викладено нами у доповіді на науково-практичній конференції «Сучасний стан та перспективи розвитку управління водними ресурсами України» у жовтні 2012 року [3].

Виклад основного матеріалу. Гідрографічне районування – це сукупність дій щодо поділу території України на гідрографічні одиниці – райони річкових басейнів (басейновий рівень) та суббасейни (суббасейновий рівень).

Під вказаними термінами розуміють:

- **гідрографічна одиниця** – район річкового басейну, річковий басейн, суббасейн;

- **район річкового басейну** – головна одиниця управління у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів, що складається з річкового басейну (сусідніх річкових басейнів) та пов'язаних з ними підземних водних об'єктів та лиманів у межах території України;

- **річковий басейн** – частина земної поверхні, стік води з якої послідовно через пов'язані водойми і водотоки здійснюється в море або озеро;

- **суббасейн** – частина річкового басейну, стік води з якої через пов'язані водойми і водотоки здійснюється до головної річки басейну або водогосподарської ділянки нижче за течією.

Гідрографічне районування (виділення гідрографічних одиниць) здійснюється для розробки планів управління річковими басейнами і засновано на гідрографо-географічному підході до районування територій. Межі гідрографічних одиниць

проходять по вододілах річкових басейнів і суббасейнів (географічній межі між суміжними водозборами). Вони не можуть перетинати акваторії водосховищ, проточних озер або озер-водосховищ, повністю розташованих на території України.

Якщо частина річкового басейну знаходиться поза територією України, то частина межі відповідної гідрографічної одиниці співпадає з відповідною ділянкою Державного кордону України. Акваторії водних об'єктів належать до відповідної гідрографічної одиниці до лінії Державного кордону України.

Вся територія України ділиться на гідрографічні одиниці басейнового рівня. Ділянка території України може належати тільки до однієї гідрографічної одиниці басейнового рівня.

Кожна гідрографічна одиниця басейнового рівня (район річкового басейну) може бути поділена на гідрографічні одиниці суббасейнового рівня (басейни річок, що впадають у головну річку гідрографічної одиниці басейнового рівня). У разі поділу, гідрографічна одиниця басейнового рівня (район річкового басейну) повинна включати в себе не менше двох гідрографічних одиниць суббасейнового рівня. При цьому не повинно залишатися ніякої частини території поділеного району річкового басейну, не віднесеної до жодного із суббасейнів. Не дозволяється віднесення однієї й тієї ж ділянки території до різних гідрографічних одиниць суббасейнового рівня.

Головною річкою району річкового басейну (гідрографічної одиниці басейнового рівня) може бути:

- велика річка, що впадає в море;
- велика річка, що впадає в іншу велику річку (або частина великої річки до деякого замикаючого створу), що дає назву району річкового басейну.

До категорії **великих річок** (басейни яких розташовані у кількох географічних зонах, а гідрологічний режим не є властивим для річок кожної географічної зони окремо) відносять річки, що мають площу водозбору понад 50 000 км².

Річкові басейни малих і середніх річок, що впадають в море, не виділяються в самостійні гідрографічні одиниці басейнового рівня. Вони повинні бути включені до складу суміжної гідрографічної одиниці басейнового рівня або об'єднані в одну гідрографічну одиницю басейнового рівня (район річкового басейну). До категорії **середніх річок** відносять річки, басейни яких, зазвичай, розташовуються в одній природній зоні, мають площу від 2 000 до 50 000 км², а їх гідрологічний режим є властивим для річок цієї зони; до категорії **малих річок** відносять річки, басейни яких розміщуються в одній географічній зоні, мають площу не більше 2 000 км² і гідрологічний режим яких під впливом місцевих факторів може бути не властивим для річок цієї зони.

Головним критерієм при встановленні гідрографічних одиниць є **площа водозбірної території. Мінімальна площа** гідрографічної одиниці басейнового рівня (району річкового басейну), як правило, не повинна бути меншою від площі басейну великої річки. Відступ від цього критерію (але тільки до рівня басейну середньої річки) допускається в наступних випадках:

- розглядається річковий басейн великої річки, лише частина якого знаходиться в межах території України (наприклад, Вісла, Дунай);
- вирішується задача об'єднання ряду басейнів малих і середніх річок і кращим є максимальна близькість меж гідрографічних одиниць до кордонів відповідних адміністративних одиниць України.

Величина **максимальної площі** гідрографічної одиниці басейнового рівня (району річкового басейну) не встановлюється у разі, якщо має місце басейн однієї великої річки.

Гідрографічні одиниці **басейнового рівня** (райони річкових басейнів), як правило, можуть формуватися тільки з груп суміжних басейнів річок, що впадають в одне і теж море.

При включенні груп річкових басейнів малих і середніх річок, які безпосередньо впадають в море, до складу гідрографічної одиниці басейнового рівня, суміжної з цими басейнами, сумарна площа їх водозборів не повинна перевищувати 50000 км² з кожної із сторін по відношенню до головної річки. При формуванні гідрографічних одиниць басейнового рівня з групи басейнів малих і середніх річок, які безпосередньо впадають в море або озеро, сумарна площа їх водозборів, як правило, не повинна перевищувати 50 000 км². При формуванні груп річкових басейнів малих і середніх річок, що включаються до складу гідрографічної одиниці басейнового рівня (району річкового басейну), суміжної з цією групою басейнів, враховуються такі критерії (за пріоритетністю):

- впадіння зазначених малих і середніх річок в ту ж окрему частину моря, що і головна річка гідрографічної одиниці басейнового рівня;

- максимальна близькість меж зазначених річкових басейнів малих і середніх річок, що безпосередньо впадають в море, до кордонів відповідних адміністративних одиниць України.

Басейни великих річок, що впадають у головну річку району річкового басейну – гідрографічної одиниці басейнового рівня – можуть виділятися в окремі гідрографічні одиниці **суббасейнового рівня** (суббасейни). Наприклад, Прип'ять та Десна для басейну Дніпра, Тиса для басейну Дунаю, Сіверський Донець для басейну Дону. Басейни малих і середніх річок, що впадають у головну річку району річкового басейну (гідрографічної одиниці басейнового рівня), не виділяються в самостійні гідрографічні одиниці. Вони або включаються до складу гідрографічної одиниці суббасейну великої річки, суміжного з цими басейнами, або об'єднуються в одну гідрографічну одиницю суббасейнового рівня, якщо їх річки впадають в головну річку на одній і тій же ділянці головної річки району річкового басейну. Наприклад, річки Середнього Дніпра та Нижнього Дніпра, Нижнього Дону, Нижнього Дунаю. Сумарна площа річкових басейнів малих і середніх річок, що впадають у головну річку району річкового басейну і включаються до складу гідрографічної одиниці суббасейну великої притоки головної річки, суміжного з цими басейнами, не повинна перевищувати 50 000 км².

При групуванні річкових басейнів малих і середніх річок, що впадають у головну річку району річкового басейну, з метою їх включення до складу гідрографічної одиниці суббасейну великої притоки головної річки, суміжного з цими басейнами, або в порядку формування окремої гідрографічної одиниці суббасейнового рівня, керуються наступними критеріями (за пріоритетністю):

- наявність і розташування водопідпірних споруд на головній річці;

- наявність і розташування гідрометричних створів (створів, в яких вимірюються витрати води і виконуються інші види гідрометричних робіт) та гідрологічних постів спостережень (пунктів, обладнаних пристроями і приладами для проведення систематичних гідрологічних спостережень) на головній річці;

- максимальна близькість меж зазначених басейнів до кордонів відповідних адміністративних одиниць України.

Встановлення (виділення) гідрографічних одиниць і визначення їх меж проводиться на основі державних топографічних карт і цифрових моделей рельєфу з використанням геоінформаційних технологій. Для топографічної основи при встановленні (виділенні) меж гідрографічних одиниць використовуються топографічні основи масштабу 1:200 000. За необхідності допускається додаткова деталізація окремих ділянок кордонів гідрографічних одиниць на картах масштабу 1:50 000.

Виділення гідрографічних одиниць здійснюється поетапно:

- за картографічними матеріалами виділяються великі річки, які безпосередньо впадають в моря, водозбори яких повністю або частково розташовані на території України, а також визначаються вододіли відповідних басейнів;

- визначаються головні річки для гідрографічних одиниць басейнового рівня (районів річкових басейнів). Як правило, до них відносять великі річки, виділені на першому етапі;

- за картографічними матеріалами виділяються окремі басейни або групи басейнів середніх і малих річок, що безпосередньо впадають в моря, і водозбори яких, повністю або частково розташовані на території України, а також визначаються вододіли відповідних басейнів;

- відповідно до критеріїв, викладених вище, територія України ділиться на гідрографічні одиниці басейнового рівня (райони річкових басейнів);

- за картографічними матеріалами на території України, всередині усіх гідрографічних одиниць басейнового рівня (районів річкових басейнів) виділяються великі річки, що впадають в головні річки цих гідрографічних одиниць, а також встановлюються вододіли відповідних басейнів;

- відповідно до вище зазначених критеріїв, гідрографічні одиниці басейнового рівня (райони річкових басейнів) діляться на гідрографічні одиниці суббасейнового рівня;

- складається систематизований перелік гідрографічних одиниць з присвоєнням їм кодів і визначенням їх кількості;

- проводиться опис та документування меж встановлених гідрографічних одиниць.

Опис меж кожної гідрографічної одиниці включає в себе наступне:

- фізико-географічний опис проходження лінії межі гідрографічної одиниці на місцевості у взаємозв'язку з елементами ландшафту, гідрографічної мережі, інших географічних компонентів;

- реєстр опорних точок лінії межі гідрографічної одиниці та їх географічних координат.

Опорними точками лінії межі гідрографічних одиниць є точки:

- примикання вододілу до Державного кордону України;

- примикання вододілу до берегової лінії внутрішніх морських вод і територіального моря України;

- перетину (примикання) меж гідрографічних одиниць з кордонами адміністративних одиниць України;

- сходження (стику) загальних ділянок меж трьох і більше гідрографічних одиниць одного рівня;

- визначені місця зміни географічних компонентів на місцевості (сходження двох різноспрямованих у плані ділянок меж між суміжними гідрографічними одиницями);

- приурочені до характерних форм рельєфу тощо.

Географічні координати, як правило, з висотними відмітками земної поверхні, наводяться в діючій єдиній системі координат і висот (державній або у системі WGS-84).

В якості орієнтирів для фізико-географічного **опису проходження лінії межі** гідрографічних одиниць вибираються характерні елементи місцевості (рельєфу, гідрографії, дорожньої мережі, рослинного покриву, ландшафтів тощо), розташовані в безпосередній близькості від цієї лінії межі. Опис проходження межі гідрографічної одиниці складається послідовно від однієї опорної точки лінії межі до іншої, залежно від положення характерних елементів місцевості по відношенню

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

південь по відношенню до замикаючих створів основних гідрографічних одиниць басейнового рівня. Їх коди наведено в таблиці 4.

Таблиця 4. Коди районів річкових басейнів України

Назва району річкового басейну	Код
Район річкового басейну Вісли (Західного Бугу та Сану)	1
Район річкового басейну Дунаю	2
Район річкового басейну Дністра	3
Район річкового басейну Південного Бугу	4
Район річкового басейну Дніпра	5
Район басейну річок Причорномор'я	6
Район річкового басейну Дону	7
Район басейну річок Приазов'я	8
Район басейну річок Криму	9

Третя (зліва направо) цифра, є **номером гідрографічної одиниці суббасейнового рівня**, що входить до складу району річкового басейну, визначеного другою цифрою. Нумерація суббасейнів для кожного конкретного району річкового басейну починається з одиниці (1) і здійснюється від витоків головної річки до замикаючого створу головної річки гідрографічної одиниці басейнового рівня (району річкового басейну). Якщо в межах гідрографічної одиниці басейнового рівня (району річкового басейну) гідрографічні одиниці суббасейнового рівня не виділяються, то третя цифра в коді такої гідрографічної одиниці записується нулем.

Як роздільник зазначених вище груп цифр рекомендується приймати крапку (.). В цьому випадку, код гідрографічної одиниці буде мати формат: 0.0.0.

З метою покращення управління водними ресурсами держави на підставі наведених вище принципів і критеріїв та з урахуванням досвіду інших країн з впровадження положень Водної Рамкової Директиви ЄС пропонується схема [3] гідрографічного районування території України (рис.1).

Отже, в межах території України виділено дев'ять районів річкових басейнів: Вісли (Західного Бугу та Сану), Дунаю, Дністра, Південного Бугу, Дніпра, Дону, басейнів річок Причорномор'я, річок Приазов'я та річок Криму. Район річкового басейну Дунаю поділено на три суббасейни (рис.2). Виділення суббасейнів Тиси, Пруту та Сірету, Нижнього Дунаю обумовлено їх географічною відокремленістю та необхідністю узгодження гідрографічного районування території району річкового басейну з аналогічними схемами районування держав-сусідів (суббасейни є транскордонними).

Район річкового басейну Дніпра поділено на чотири суббасейни (рис.3). Виділення в якості суббасейнів басейнів річок Прип'яті та Десни обумовлено розмірами їх водозборів (великі річки) та транскордонним положенням [4]. Виділення двох інших суббасейнів району річкового басейну Дніпра здійснено шляхом об'єднання в одну гідрографічну одиницю суббасейнового рівня басейнів малих і середніх річок, що впадають до головної річки на одній і тій же ділянці. Такими ділянками є середня і нижня течії Дніпра. Межа між суббасейнами Середнього та Нижнього Дніпра (проходить по створу Кременчуцької ГЕС) практично співпадає з межею між лісостеповою та степовою природними зонами, що відрізняються умовами формування стоку та гідрографічними характеристиками. З точки зору економічної діяльності дана межа відокремлює менш економічно розвинуті адміністративні області Середнього Подніпров'я від більш розвинутих в економічному відношенні адміністративних областей Нижнього Подніпров'я.

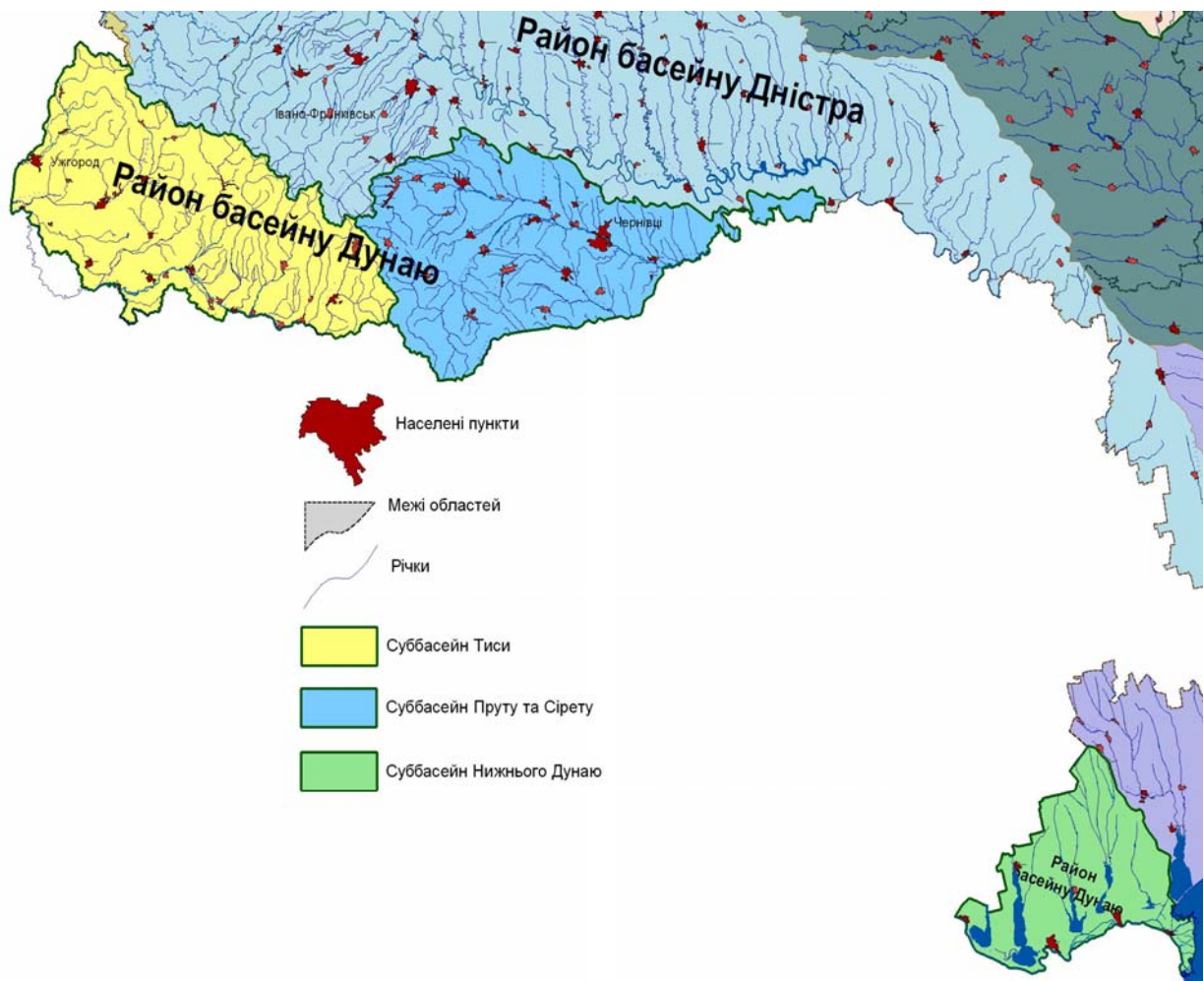


Рис. 2. Схема гідрографічного районування району річкового басейну Дунаю

Район річкового басейну Дону поділяється на два суббасейни (рис.4). Суббасейн Сіверського Дінця виділено, по-перше, через розміри водозбору [4]; по-друге, враховуючи інтенсивність використання його водних ресурсів та екологічні проблеми, що з цим пов'язані (територія суббасейну є найбільш урбанізованим та індустріально розвинутим регіоном України з інтенсивним сільськогосподарським виробництвом)[5]; по-третє, гідрографічне районування Російської Федерації також виділяє басейн Сіверського Дінця як окремий підбасейн (суббасейн)[6]. Всього в межах басейну Дону на території Росії виділено п'ять підбасейнів. До одного з них – підбасейну Нижнього Дону (нижче впадіння Сіверського Дінця) гідрографічно відноситься частина території України в межах Луганської області [7]. Це басейни річок Кундрюча та Тузлов, що впадають в р. Дон на території Російської Федерації. Логічним є виділення цієї ділянки як окремого суббасейну Нижнього Дону.

Райони річкових басейнів Вісли (Західного Бугу та Сану), Дністра та Південного Бугу на суббасейни не поділяються. Райони басейнів річок Причорномор'я, Приазов'я та річок Криму виділяються згідно положення Методики районування про те, що «річкові басейни малих і середніх річок, які впадають в море, повинні бути ... об'єднані в одну гідрографічну одиницю басейнового рівня (район річкового басейну)».

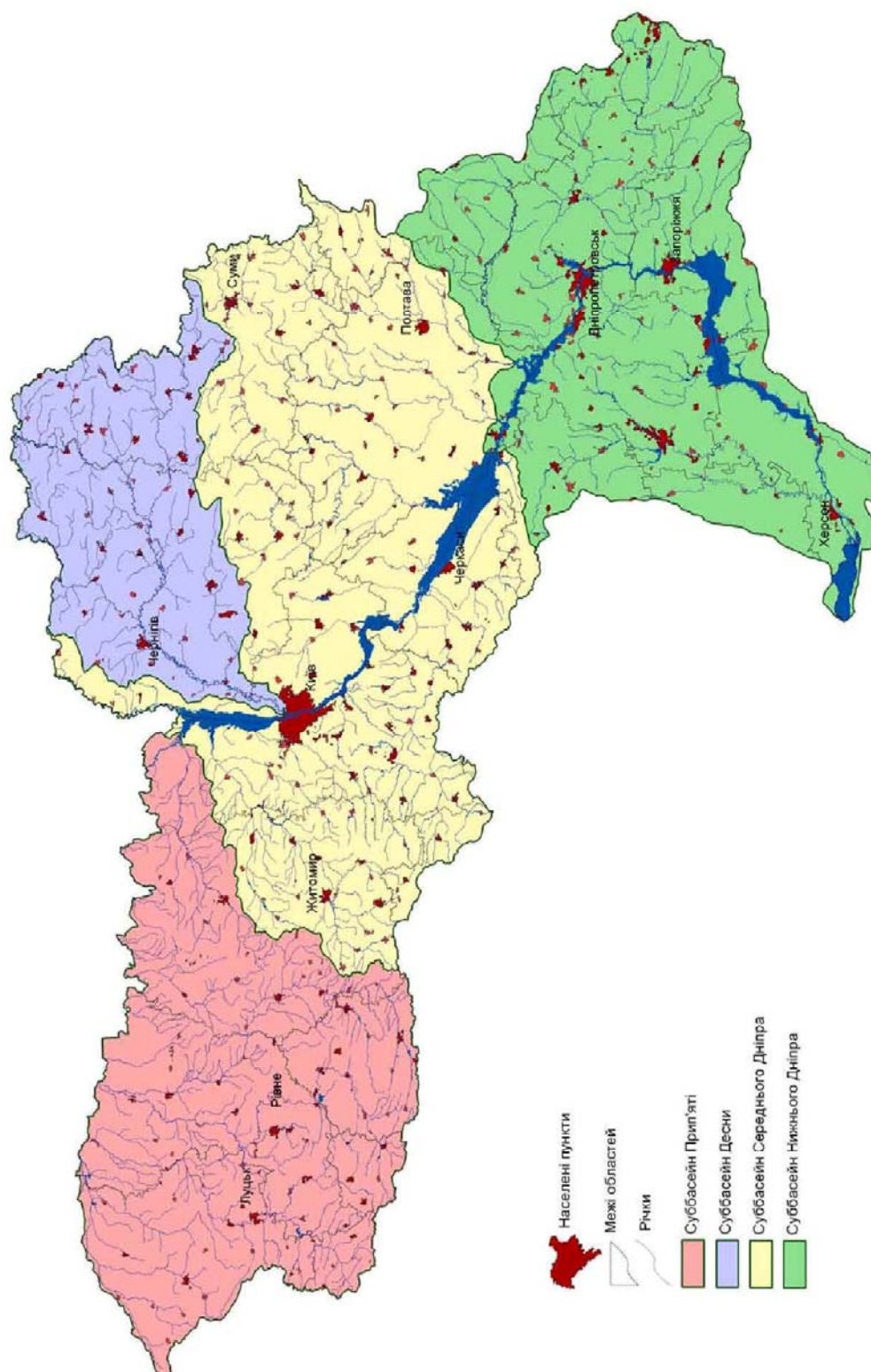


Рис.3. Схема гідрографічного районування району річкового басейну Дніпра

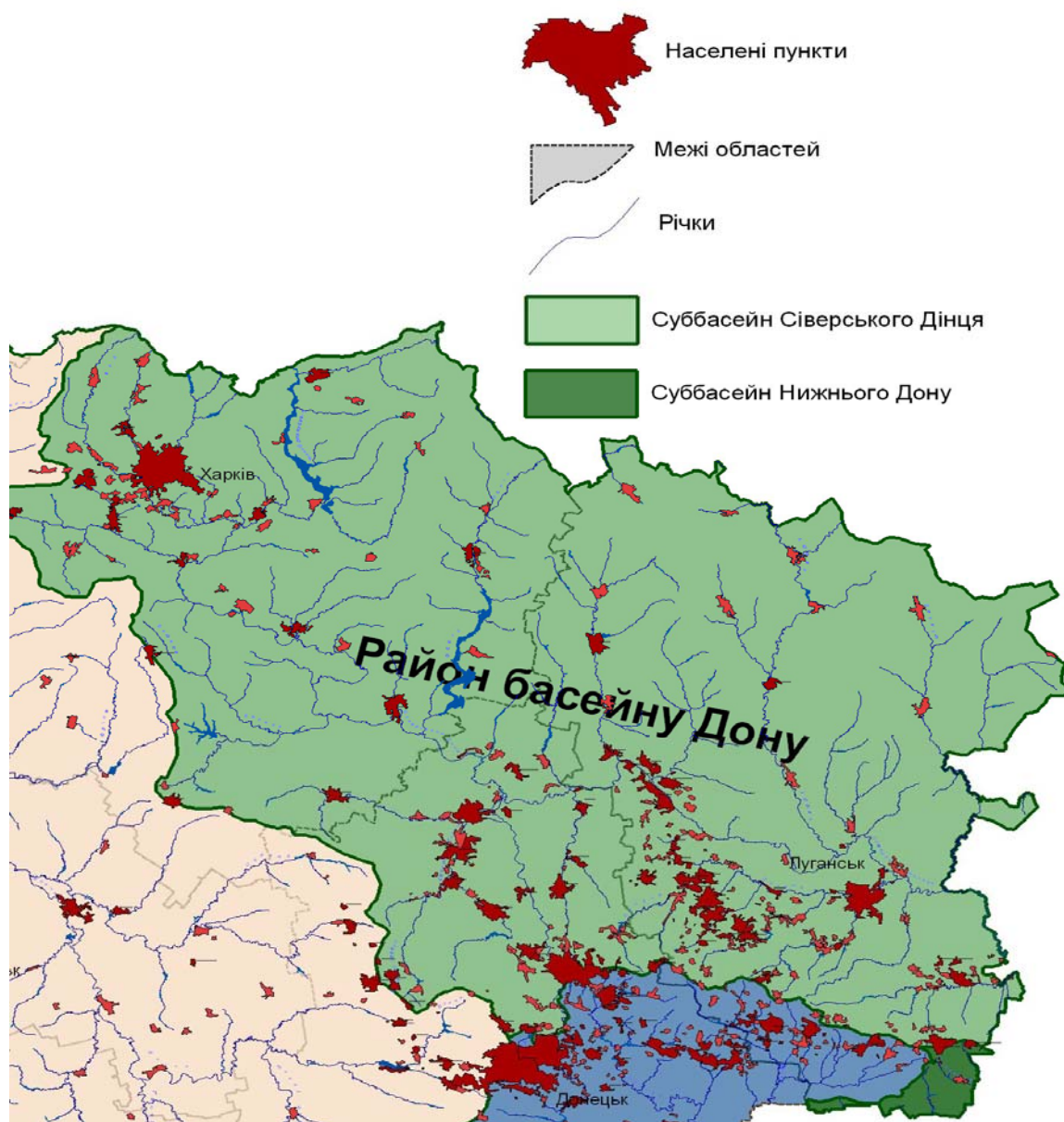


Рис.4. Схема гідрографічного районування району річкового басейну Дону

Висновки. Україна продовжує процес реформування системи управління водними ресурсами, метою якого є досягнення відповідності цієї системи розробкам, здійсненим у Європейському Союзі, зокрема в рамках Водної Рамкової Директиви. При цьому розвивається існуюча інституціональна структура. Плани управління річковими басейнами повинні обов'язково включати нанесені на карту межі басейнів та суббасейнів, що відносяться до даних районів річкових басейнів. Необхідність виділення таких меж зумовила проведення нового гідрографічного районування території України, що враховує вимоги ВРД ЄС.

Гідрографічне районування – це сукупність дій щодо поділу території України на гідрографічні одиниці – райони річкових басейнів (басейновий рівень) та суббасейни (суббасейновий рівень).

Гідрографічне районування (виділення гідрографічних одиниць) здійснюється для розробки планів управління річковими басейнами і засновано на гідрографо-географічному підході до районування територій. Головним критерієм при

встановленні гідрографічних одиниць є площа водозбірної території. Встановлення (виділення) гідрографічних одиниць і визначення їх меж проводиться на основі державних топографічних карт і цифрових моделей рельєфу з використанням геоінформаційних технологій. Кодування гідрографічних одиниць здійснюється шляхом присвоєння їм унікальних числових кодів, що дозволяють однозначно визначити: море, до якого впадає головна річка району річкового басейну (група малих і середніх річок, суміжні басейни яких формують район річкового басейну); гідрографічну одиницю басейнового рівня (район річкового басейну), до складу якої можуть входити гідрографічні одиниці суббасейнового рівня; власне, гідрографічну одиницю суббасейнового рівня.

Список літератури

1. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – 240 с. 2. *Гребінь В. В.* Гідрографічне районування території України як передумова розробки планів інтегрованого управління річковими басейнами / Гребінь В. В., Яцюк М. В., Чунарьов О. В. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т. 2 (27). – С. 8-16. 3. Нове гідрографічне та водогосподарське районування як передумова впровадження інтегрованих підходів в управління водними ресурсами за басейновим принципом / [В. В. Гребінь, В. Б. Мокін, М. В. Яцюк, О. В. Чунарьов] // Матеріали науково-практичної конференції «Сучасний стан та перспективи розвитку управління водними ресурсами України» (Київ, 10-11 жов. 2012 р.). – К. : ДІУЕВР, 2012. – С.7-8. 4. *Вишневецький В. І.* Гідрологічні характеристики річок України / В. І. Вишневецький, О. О. Косовець. – К. : Ніка-Центр, 2003. – 324 с. 5. *Сташук В. А.* Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами / В. А. Сташук – Дніпропетровськ : Зоря, 2006. – 480 с. 6. Постановление Правительства Российской Федерации «О гидрографическом и водохозяйственном районировании территории Российской Федерации и утверждении границ бассейновых округов» от 30 ноября 2006 г. № 728 / <http://www.rg.ru/gazeta/rg/2006/12/06.html>; 7. *Паламарчук М. М.* Водний фонд України : Довідковий посібник / М. М. Паламарчук, Н. Б. Закорчевна. – [2-е вид., доп.] – К. : Ніка-Центр, 2006. – 320 с.

Гідрографічне районування території України: принципи, критерії, порядок здійснення **Гребінь В. В., Яцюк М. В., Чунарьов О. В.**

Розглянуто загальні положення, принципи та критерії встановлення гідрографічних одиниць, порядок здійснення гідрографічного районування. Зазначено правила кодування гідрографічних одиниць. Наведено схему гідрографічного районування території України з виділенням районів річкових басейнів та суббасейнів.

Ключові слова: гідрографічне районування, принципи, критерії, методика здійснення, район річкового басейну, суббасейн, схема

Гидрографическое районирование территории Украины: принципы, критерии, порядок проведения

Гребень В. В., Яцюк М. В., Чунарев А. В.

Рассмотрены основные положения, принципы и критерии определения гидрографических единиц, порядок проведения гидрографического районирования. Определены правила кодирования гидрографических единиц. Приведена схема гидрографического районирования территории Украины с выделением районов речных бассейнов и суббассейнов.

Ключевые слова: гидрографическое районирование, принципы, критерии, методика проведения, район речного бассейна, суббассейн

Hydrographic zoning of Ukraine's territory: principles, criteria, methodology for realization

Grebin' V. V., Yatsiuk M. V., Chunar'ov O. V.

The main principles, criteria for determination hydrographic categories, methodology for realization of hydrographic zoning were examined. Coding rules of hydrographic zoning were given. The plan of hydrographic zoning of Ukraine's territory with apportionment of river basins district and sub-basin was submitted.

Keywords: hydrographic zoning, principles, criteria, methodology for realization, river basin district, sub-basin, plan

Надійшла до редколегії 05.02.2013

Онищук В. В.*Київський національний університет імені Тараса Шевченка***ОЦІНКА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ РУСЕЛ ГІРСЬКИХ РІЧОК**

Ключові слова: пропускна здатність русла, гідравлічний коефіцієнт загального опору русла, руслоформуєча витрата води і транспортувальних наносів

Актуальність проблеми. Проходження високих паводків на гірських річках, які завдають значних соціальних і економічних збитків, спонукають до необхідності проведення фундаментальних досліджень стосовно впливу природно-антропогенних факторів на інтенсивність розвитку процесів руслоформування. Відомо, що гідроморфодинамічна стійкість русло-заплавного комплексу визначається характером проходження руслоформуєчих витрат води і транспортувальних наносів та впливом динаміко-кінематичного ефекту на темпи формування рельєфу заплави. У теперішній час визначення руслоформуєчих витрат води і транспортувальних наносів, при рівнях домірних відмітках руслових брівок (bankfull), якщо не спостерігаються на досліджуваних ділянках незворотних руслових деформацій, а також витрат води і наносів при інших рівнях, зазвичай використовується формула Шезі-Манінга в її класичному вигляді. Але практика оцінки гідроморфодинамічного стану гірських річок [1] показує, що при наявності значних антропогенних навантажень, особливо на фоні розвитку незворотних руслових деформацій, при проведенні комплексу руслових розрахунків необхідно підходити з позицій системного аналізу в оцінці гідравлічного опору як реакції від дії різноманітних кріплень і споруд, кар'єрних виїмок, гідровузлів, розміщених на урбанізованих ділянках русла. Всі руслові споруди у тій чи іншій мірі впливають на інтенсивність розвитку руслових процесів.

Аналіз попередніх досліджень. Визначення витрат води за існуючими формулами, як правило, проводиться з використанням величини коефіцієнта Шезі C , для якого запропоновано багато формул, а також спеціальних таблиць для визначення коефіцієнта шорсткості n [2], який входить у цілий ряд формул для визначення коефіцієнта C .

Точність руслових розрахунків на основі існуючого методичного підходу є досить низькою, оскільки максимальні відхилення від норми можуть сягати $\pm 10\%$. Якщо, приміром, руслоформуєча витрата річки складає $500\text{ м}^3/\text{с}$, то для крупноалювіальних русел похибка може бути наближеною до $\pm 50\text{ м}^3/\text{с}$.

Виклад основного матеріалу. За методичними підходами, викладеними в роботі [3, 4], під терміном руслоформуєча витрата рекомендується розуміти витрату водотоку ($Q_{\text{рф}}$), яка еквівалентна дії інтегрованої витрати за багаторічний період спостережень, спрямованої на формування відповідного типу русла. При цій витраті ГДС_{п-р} перебуває у динамічній рівновазі. Розрахунок руслоформуєчої витрати проводиться за рівнянням наступного вигляду [4]:

$$\frac{\omega_{\text{рф}} (h_{\text{рф}}^{0,666})}{Q_{\text{рф}}} \sqrt{\frac{\Delta Z \pm \Delta(V_0^2 / 2g)}{\Delta e}} - \frac{\varphi^{0,5} R_{\text{рф}}^{0,166}}{(2g)^{0,5} (4 \lg h_{\text{рф}} / D_{\text{сер.зв}} + 4,25)} = 0, \quad (1)$$

де $\omega_{\text{рф}}$ - площа поперечного перерізу водотоку при проходженні розрахункової витрати $Q_{\text{рф}}$ ($Q_{\text{рф}} = h_{\text{рф}} \cdot B_{\text{рф}} \cdot V_{\text{д.р}}$, де $B_{\text{рф}}$ – ширина потоку по вільній поверхні при $Q_{\text{рф}}$

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

, як правило, це ширина в бровках русла; $h_{pф}$ – середня глибина потоку при $Q_{pф}$; $V_{д.р}$ – середня швидкість потоку при $Q_{pф}$, що відповідає динамічній рівновазі ГДС_{п-р}; $\frac{\Delta Z}{\Delta e}$ – гідравлічний похил водотоку при квазірівномірному гідравлічному режимі на ділянці обстеження довжиною Δe при проходженні паводків з витратою $Q_{pф}$ ($\frac{\Delta Z}{\Delta e} = I \approx i$, де i – похил дна русла при $Q_{pф}$); $\frac{\Delta(V_0^2/2g)}{\Delta e}$ – градієнт питомої кінетичної енергії на ділянці обстеження при проходженні витрати $Q_{pф}$; φ – коефіцієнт гідравлічного опору руслових форм, який змінюється від 1 до 1,3 в залежності від типу русла; $R_{pф} = (h_{pф} \cdot V_{pф}) / \chi_{pф}$ – найвигідніший гідравлічний радіус водотоку в умовах вільного прояву процесів руслоформування при проходженні паводку з витратою $Q_{pф}$; g – прискорення сили земного тяжіння; $D_{сер.зв}$ – середньозважений діаметр частинок наносів поверхневого шару дна русла (шару самовимощення), який дорівнює середньозваженій абсолютній висоті виступів шорсткості дна русла – $D_{сер.зв} \approx \Delta_{сер.зв}$ [5].

Дане рівняння розв'язується шляхом підбору значень вихідних гідравлічних і руслових параметрів з визначенням $V_0 \approx V_{д.р}$ та використанням для корегування розрахункових даних гідроморфологічних зв'язків $Q = f(h)$, $Q = f(v)$, $Q = f(\omega)$, $V = f(h)$.

Виходячи з положень центроструменевого руслоформування [6] ступінь стійкості русел річок, а також основні їх параметри можна визначити за допомогою наступного рівняння:

$$\left(\frac{B_{pф}}{h_{pф}} \right)^{0,25} - \kappa_e \frac{I_0^{0,125}}{F_{чцс}} = 0, \quad (2)$$

де κ_e – коефіцієнт ергодичності ерозійно-аккумулятивного процесу, який при відсутності незворотних руслових деформацій має змінюватись у межах саморозвитку ГДС_{п-р} від 3,14 до 5,1; $F_{чцс} = V_{др}^{0,5} / (gh_{pф})^{0,25}$ – число Фруда для центрального планового струменя.

На основі рівняння (2) величина руслоформуючої витрати визначається за формулою:

$$Q_{pф} = [\kappa_e h_{pф} (gB_{pф})^{0,25} I_0^{0,125}]^2. \quad (3)$$

Широке вживання для оцінки ступеня стійкості річкових русел має рівняння відносної локальної інваріантності К. В.Грішаніна [7] у наступному вигляді:

$$M_x = \frac{h(gB)^{0,25}}{Q^{0,5}}. \quad (4)$$

Дане рівняння для крупноалювіальних русел при проходженні руслоформуючих витрат (при динамічній рівновазі ГДС_{п-р}) має осереднене значення 0,55 [6, 8, 9], тобто вираз можна записати у такому вигляді:

$$\frac{h_{pф} (gB_{pф})^{0,25}}{Q_{pф}^{0,5}} = 0,54 \quad (5)$$

Межі змін цього показника зі збереженням відносної динамічної рівноваги ГДС_{п-р} по аналогії з M_x для рівнинних річок домірні величини $\sqrt{0,4\pi\Phi} \approx 1,41$ (де Φ – число Фібоначчі, яке для стійкого стану системи дорівнює 1,618) Отже зміна меж для крупноалювіальних русел відповідно дорівнює $0,45 < M_x < 0,64$. За умовами відхилень від наведених значень мають відбуватися незворотні руслові деформації або ділянка річки відноситься до умов рівнини і її необхідно оцінювати за показником M_x при середньому значенні 0,9.

З рівняння (5) отримуємо:

$$Q_{рф} = 3,37h_{рф}^2 (gB)^{0,5}. \quad (6)$$

Структура формули (6) вказує на нелінійність зв'язку між руслоформуючою витратою і формою русла/водопропускного коридору. Форма русла ділянки річки в свою чергу визначається особливостями прояву руслових процесів (типом русла).

Для контролю отриманих результатів розрахунків за рівняннями (1,3 і 6) можна також використати рівняння Шезі-Маннінга у наступній модифікації:

$$Q_{рф} = (2g)^{0,5} \lambda_3^{-0,5} h_{рф}^{1,5} B_{рф} I_0^{0,5}, \quad (7)$$

де λ_3 – величина загального гідравлічного опору русла з відповідним проявом розвитку руслових процесів, яка повинна враховувати вплив зернистої шорсткості дна русла, опір руслових форм, реакцію берегів та ін.

Порівняльний аналіз методик визначення руслоформуючих витрат у форматі їх адаптації до типів русел. Для порівняльного аналізу указаних вище методик відібрана вихідна інформація для річок Українських Карпат на 28 гідрологічних постах (табл. 1). Були відібрані ділянки річок для яких є багаторазові відбори проб шару самовимощення і підстильної основи (руслових відкладів) [10]. Контрольні величини витрат $Q_{рф}$ були підраховані за допомогою рівняння (7).

При використанні рівняння (1), з метою уточнення отриманих результатів, рекомендується адаптацію до типів русел виконувати за допомогою параметра λ_3 . При цьому, для оцінки опору русла використано методичний підхід суперпозиційного накладання складових у вигляді $\lambda_3 = \lambda_\Delta + \lambda_\delta + \lambda_{рф}$ (де права частина формули містить коефіцієнти опору структур русла за окремими складовими – опору зернистої шорсткості λ_Δ , опору берегів λ_δ і опору руслових форм $\lambda_{рф}$, які беруть на себе орієнтовно 80% впливів природно-антропогенних факторів в умовах відсутності активних споруд) [3]. Складова λ_δ у наведеному рівнянні вводиться вперше, а тому для неї необхідно запропонувати формулу для розрахунку з відповідною оцінкою достовірності результатів.

Оскільки ГДС_{п-р} у своїй основі є дисипативною, то для відносно стабільної ділянки річки дисипація енергії ε_0 може бути виражена через руслоформуючу витрату води $Q_{рф}$ і похил вільної поверхні I_0 у вигляді втрати долі потужності водотоку [11]:

$$\varepsilon_0 = \rho g Q I_0. \quad (8)$$

З другого боку стійкість системи підпорядкована прояву властивості самоорганізації ГДС_{п-р} і тому дисипація енергії ε_0 може бути визначена через внутрішні турбулентні характеристики системи згідно гіпотези О. Н. Колмогорова [11] - $\varepsilon_0 = k (\bar{U}^3)/\lambda$ (де k – емпіричний коефіцієнт; $\bar{U}$ - середня квадратична швидкість, яка визначається за рівнем енергії турбулентності; λ – лінійний масштаб системи). Значення ε_0 можна також записати через гідравлічні параметри у наступному вигляді [11]:

Таблиця 1. Значення основних вихідних і розрахункових характеристик на репрезентативних гідрологічних постах

№ п/п	Річка - пункт (гідрологічний пост)	d _{сер.зв.} , м	D _{сер.зв.} , м	S ₀ = (d25/d75) ^{0,75}	J ₀	h _{сер.} , м	B _{б.} , м	ω, м ²	V ₀ , м/с	Q, м ³ /с	Тип русла	λ _{з=λ_д} + λ _{р.ф} + λ _б
1	Тиса - м. Рахів	0,115	0,23	0,36	0,0084	2,2	48	105,6	3,43	362	Русло з нер. алюв. формами	0,031
2	Чорна Тиса - смт. Ясеня	0,07	0,144	0,35	0,0157	1,4	28	39,2	3,56	140	Русло з нер. алюв. формами	0,032
3	Біла Тиса - с. Ростки	0,10	0,22	0,30	0,017	1,5	25	37,5	3,74	140	Русло з нер. алюв. формами	0,035
4	Тересава - с. Усть Чорна	0,185	0,22	0,35	0,0126	2,0	48	96,0	3,84	368	Русло з нер. алюв. формами	0,032
5	Тересава - с. Нересниця	0,10	0,20	0,40	0,005	2,3	86	197,8	3,14	622	Руслова багаторукав.	0,0238
6	Теребля - с. Колочава	0,185	0,37	0,33	0,008	1,7	46	78,2	2,47	193	Русло з роз. алюв. формами	0,035
7	Ріка - смт. Міжгір'я	0,095	0,20	0,35	0,011	2,2	50	110,0	3,98	438	Русло з роз. алюв. формами	0,03
8	Ріка - м. Хуст	0,05	0,09	0,40	0,005	2,2	100	220	3,05	670	Руслова багаторукав.	0,023
9	Боржава - с. Довге	0,06	0,15	0,28	0,013	2,2	50	110,0	3,40	400	Вільне меандрування	0,025
10	Латориця - с. Підполоззя	0,09	0,20	0,29	0,013	2,1	40	84,0	3,40	230	Русло з роз. алюв. формами	0,03
11	Латориця - м. Мукачеве	0,07	0,165	0,30	0,0045	2,4	112	268,8	2,66	715	Русло з роз. алюв. формами	0,03
12	Уж - с. Жорнава	0,09	0,248	0,25	0,018	1,5	40	60,0	3,00	180	Русло з нер. алюв. формами	0,028
13	Уж - м. Ужгород	0,04	0,07	0,42	0,007	2,3	90	207,0	3,89	805	Каналіз. русло (дамби)	0,021
14	Сірет - м. Сторожинець	0,023	0,047	0,35	0,0047	2,0	45	90,0	3,04	274	Вільне меандрування	0,02
15	Прут - с. Кремінці	0,175	0,30	0,35	0,012	1,6	34	54,4	3,00	166	Русло з нер. алюв. формами	0,035
16	Прут - м. Чернівці	0,025	0,05	0,40	0,0012	2,6	190	494	1,80	890	Русло з роз. алюв. формами	0,024
17	Черемош - с. Устеріки	0,115	0,25	0,35	0,008	1,8	54	97,2	3,40	330	Русло з нер. алюв. формами	0,024
18	Білий Черемош - с. Яблониця	0,12	0,25	0,40	0,01	1,6	42	67,2	3,53	237	Русло з нер. алюв. формами	0,025
19	Чорн. Черемош - с. Верховина	0,10	0,20	0,35	0,011	1,5	54	81,0	3,46	280	Русло з нер. алюв. формами	0,027
20	Дністер - с. Стрілки	0,075	0,20	0,27	0,006	1,7	60	102,0	2,58	265	Русло з роз. алюв. формами	0,03
21	Дністер - м. Галич	0,04	0,066	0,45	0,006	3,0	180	540,0	2,95	1593	Вільне меандрування	0,02
22	Стрій - с. Матків	0,06	0,165	0,25	0,0075	1,4	38	53,2	2,46	130	Русло з роз. алюв. формами	0,034
23	Стрій - с. Верх. Синевидне	0,085	0,184	0,33	0,005	2,3	120	276,0	2,88	825	Руслова багаторукав.	0,027
24	Лімниця - с. Осмоподя	0,14	0,33	0,30	0,0145	2,1	30	63,0	2,95	186	Русло з нер. алюв. формами	0,026
25	Луква - с. Боднарів	0,06	0,11	0,40	0,0064	2,1	30	63,0	3,34	210	Русло з роз. алюв. формами	0,024
26	Бистриця - с. Ямниця	0,50	0,08	0,45	0,005	2,3	160	368	3,0	1104	Вільне меандрування	0,022
27	Бистриця - Надв. - с. Пасічне	0,16	0,376	0,28	0,012	1,7	45	76,5	3,65	286	Русло з нер. алюв. формами	0,03
28	Бистриця - Солот. - с. Гута	0,185	0,32	0,26	0,03	1,5	32	48,0	5,3	254	Русло з нер. алюв. формами.	0,03

$$\varepsilon_0 = \frac{\rho g}{C_0^2} \frac{V^3}{hf_0} \omega, \quad (9)$$

де C_0 – коефіцієнт Шезі; V – середня швидкість потоку; h – середня глибина потоку; ω – площа поперечного перерізу руслового потоку.

Слід відмітити, що C_0 в свою чергу є складною функцією внутрішніх і зовнішніх факторів ($C_0 = f(h/D; h/h_r; V/h; \omega_f/\omega_{рф} \dots)$) [11].

В заключному варіанті із рівнянь (8 і 9) отримуємо рівняння динамічної рівноваги ГДС $п-р$ за рівнем дисипації енергії у наступному вигляді:

$$Q_{рф} I_0 = \frac{\rho g}{C_0^2} \frac{V^3}{hf_0} \omega, \quad (10)$$

Рівняння (10) доцільно привести до наступного вигляду:

$$f_0 = \frac{V^3 B h}{C_0^2 h Q I_0} = \frac{V^2 \lambda_\Delta}{2 g h I_0} = \frac{\lambda_\Delta}{2 \lambda_6}, \quad (11)$$

де f_0 – коефіцієнт звивистості русла;

Таким чином, опір берегів λ_6 залежить від опору зернистої шорсткості дна русла і від форми русла по довжині річки через коефіцієнт звивистості f_0 однорукавного русла під час проходження $Q_{рф}$ (рис. 1). Звивистість русла є продуктом прояву явища меандрування, яке можна виразити через дію внутрішніх і зовнішніх силових факторів, зокрема через тенденцію розвитку вертикальних і горизонтальних деформацій при зміні форми русла (V/h).

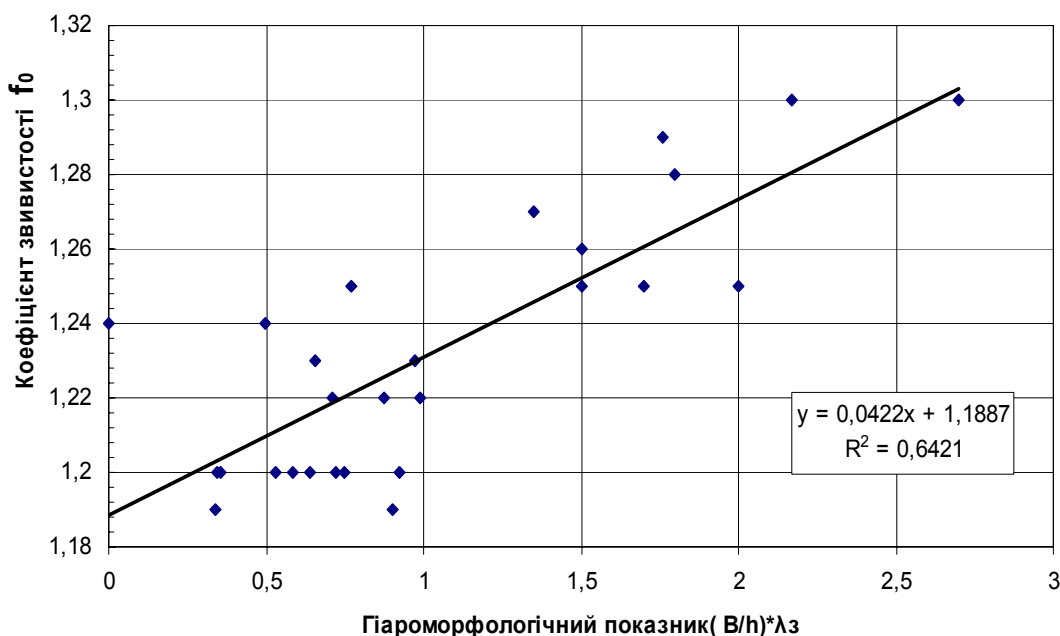


Рис 1. Графік зв'язку між коефіцієнтом звивистості русла і гідроморфологічним показником $(V/h)\lambda_3$.

Третьою складовою загального гідравлічного опору $\lambda_{р.ф}$ є вплив структурних форм на русловий потік. Морфологічні структури для крупноалювіальних русел при проходженні руслоформуючих витрат води і наносів мають форму гряд, які

відносяться до мезоструктур (різномасштабних гряд), та макроструктур у вигляді боковиків, осередків і островів.

Розрахунок $\lambda_{p.ф.}$ рекомендується визначати за формулою наступного вигляду:

$$\frac{1,41}{\sqrt{\lambda_{p.ф.}}} = k \left(\frac{h_{p.ф.}}{h_{\tau}} \right)^{\alpha} \quad (12)$$

де α - корегуючий коефіцієнт, величина якого залежить від площі поперечного перерізу структурної форми $\omega_{p.ф.} = h_{\tau(сеп.)} B_{p.ф.}$ (де $B_{p.ф.}$ ширина руслової форми в її основі); при $\omega_{p.ф.}$ рівному 10% від $(h_{p.ф.} B_{p.ф.})$ величину α рекомендується приймати орієнтовно дорівнює 1,15; при $\omega_{p.ф.} = 20\%$ від $(h_{p.ф.} B_{p.ф.})$ – $\alpha = 1,4$ і при $\omega_{p.ф.} = 30\%$ від $(h_{p.ф.} B_{p.ф.})$ – $\alpha = 1,6$ (вплив островів); h_{τ} - середня висота гряди, яка дорівнює максимальній круглості частинок шару самовимощення дна русла або розраховується за формулою $h_{\tau} = 0.20 + 0.1h$ [15].

За даними експериментів А. П. Зегжди і Х. Є. Базена для русел з неоднорідними крупнозернистими матеріалами, які за висотою виступів шорсткості $\Delta_{сер.зв}$ наближається до висоти мезоформ, залежність (12) набуває наступного вигляду:

$$\frac{1,41}{\sqrt{\lambda_{p.ф.}}} = 8^{\alpha} \left(\frac{h_{p.ф.}}{h_{\tau}} \right)^{0,2} \quad (13)$$

На деяких ділянках річок може виникнути необхідність урахування також опору рослинності на водний (паводковий) потік $\lambda_{рос.}$ У цьому випадку для розрахунків можна скористатися формулою наступного вигляду [15]:

$$\lambda_{рос.} = 4 \frac{V_p^2}{V^2} S_m C_D \kappa_B \frac{1}{M_p^2} \quad (14)$$

де V_p – середня швидкість течії у межах рослинного шару; V - середня швидкість течії у чистому від рослинності руслі; S_m - площа мідельового перерізу елементів рослинності, яка залежить від h_p і d_p ; C_D – коефіцієнт гідродинамічного опору елемента рослинності може мінятися від 0,1 до 1 [17]; $\kappa_B = F_i / F_1 \approx 0,2-1$ [16] (де F_i – сила опору рослинного елемента в масиві, F_1 - сила опору одиночного елемента у водному потоці, а також по формулі ($\kappa_B = 1 - (1,5d_p / L)$ (де L – віддаль між елементами [15])); M_p – середній розмір площі дна морфологічної форми на якій закріплений елемент рослинності.

Для течії у рослинному шарі частково зарослого русла коефіцієнт гідравлічного опору $\lambda_{рос.}$ можна обрахувати за формулою:

$$\lambda_{рос.} = \frac{8ghI}{V_p^2} \left(1 - \frac{h_1}{h} \right) \quad (15)$$

де h_1 - глибина потоку над рослинністю. Після підстановки в формулу (15) $V_p = \sqrt{2 \cdot u \cdot j}$ отримуємо:

$$\lambda_{\text{roc}} = \frac{4}{u \cdot j \cdot 2} \left(1 - \frac{h_1}{h}\right) \quad (16)$$

де $j = \frac{Mp^2}{S_m C_D \kappa_B}$ - комплексна характеристика рослинного шару; $u_* = ghI$ - динамічна швидкість потоку.

Для визначення величини гідравлічного опору $\lambda_{\text{кор}}$, як реакції на дію сили Кориоліса, був використаний третій закон Н'ютона. Згідно цьому закону кориолісова сила визначається за формулою:

$$F_{\text{кор}} = -m a_{\text{кор}} = -2m (\omega_3 \times \dot{u}_3), \quad (17)$$

де $a_{\text{кор}} = -2(\omega_3 \times \dot{u}_3)$ – прискорення сили Кориоліса; m – маса річкового потоку, яка діє на одиницю площі (1м^2) на відповідний берег, яка може бути визначена за формулою:

$$m = 1 \times h_{\text{рф}} B_{\text{ф}} \cos \alpha \times \rho_{\text{см}}, \quad (18)$$

де $h_{\text{рф}}$ – глибина потоку при руслоформуючій витраті води, яка при відсутності незворотних руслових деформаціях відповідає глибині потоку біля берега при відмітці брівки русла на розрахунковому створі; $B_{\text{ф}}$ – довжина фронту дії сили Кориоліса при проходженні руслоформуючих витрат води і транспортувальних наносів, яка визначає довжину водного стержня ($1 \times h_{\text{рф}} B_{\text{ф}} \cos \alpha$), цей вираз вказує на те, що при $\alpha = 90^\circ$ сила $F_{\text{кор}}$ має діяти за течією (як на деяких річках Аляски, Латориці, Ужу, на деяких ділянках Дунаю), що обумовлює деяке прискорення потоку, або проти течії (як, наприклад, на ряді річок земної кулі – Прип'яті, Сіверському Дінці, Амурі, Амазонці, на деяких ділянках Дунаю), що обумовлює незначне підсилення інтенсивності розвитку явища меандрування на річках з великими значеннями поздовжнього похилу та цілком суттєво на великих рівнинних річках [20]; $\rho_{\text{см}} = \rho(1 - S) + \rho_s S$, де $\rho_{\text{см}}$ – питома віртуальна щільність водного потоку, взятої в об'ємних одиницях (де ρ – питома густина води; S – каламутність руслового потоку, взятої в об'ємних одиницях; ρ_s – питома щільність частинок наносів); u_3 – середня швидкість обертання планети Земля навколо своєї орбіти, яка визначається за формулою $u_3 = (2\pi r_3)/t_{\text{доб.з}} = (2 \times 3,145 \times 6371300)/86201 = 464,9\text{м/с}$; ω_3 – кутова швидкість обертаючої системи відліку, яка визначається за формулою:

$$\omega_3 = (m \times u_{\text{р.п}}) / r_3 = (1 \times h_{\text{рф}} B_{\text{ф}} \cos \alpha \times u_{\text{р.п}}) / r_3, \quad (19)$$

де $u_{\text{р.п}}$ – середня швидкість руслового потоку при проходженні руслоформуючої витрати води з транспортувальними наносами у розрахунковому створі (по фронту дії сили Кориоліса при $B_{\text{ф}} = B_{\text{рф}}$).

Таким чином, коефіцієнт гідравлічного опору $\lambda_{\text{кор}}$, для відповідного берега річки або самого річкового потоку, при дії сили Кориоліса, можна визначити за формулою:

$$\lambda_{кор} = \frac{2(h_{рф} B_{\phi} \cos \alpha \rho_{см})^2 v_3 v_{р.п}}{r_3^2} \quad (20)$$

Приклад розрахунку $\lambda_{кор}$ для гірської річки та інтерпретація отриманого результату.

Вихідні дані для розрахунку значення $\lambda_{кор}$. У якості розрахункового створу взято гідрологічний пост Сирет – м. Сторожинець: $h_{рф} = 2,1\text{м}$; $B_{рф} = 70\text{м}$; $\cos \alpha = 1$; $\rho_{см} = 1,04$ при $S = 1000\text{г/м}^3$; $u_3 = 464,9\text{м/с}$; $u_{р.п} = 2,15\text{м/с}$ і $r_3 = 6371300\text{м}$. При цих значеннях вихідних параметрів $\lambda_{кор} = 0,0000115$. Це говорить про те, що сила Кориоліса не може слугувати першопричиною виникнення явища меандрування. Також ця сила не може суттєво впливати на розвиток меандрування при різних схемах її дії. Але силу Кориоліса варто враховувати $\lambda_{кор}$ для самих великих річок (рр. Об, Єнісей, Лена, Амазонка) при оцінці як пропускної здатності русла, так і при оцінці інтенсивності розвитку явища меандрування.

У цьому контексті слід зауважити, що сила Кориоліса аналогічним чином впливає на океанські течії та синоптичні циркуляції. Наприклад, під дією цієї сили течія Гольфстрім є дещо прискореною в Індійському океані і уповільненою вздовж скандинавського півострова, що підсилює процес дисипації центроструменевого руслоформування (при значно малих похилах відбувається розгалуження русла. В атмосфері сила Кориоліса прискорює переміщення антициклонів і сповільнює рух циклонів у північній півкулі.

Протидію руслового потоку вітровим навантаженням можна оцінити через параметр $\lambda_{вм}$. Цей параметр можна визначити за формулою:

$$\lambda_{вм} = \frac{W_{10} B_{\phi} \cos \alpha}{v} \quad (21)$$

де W_{10} – швидкість вітру на висоті 10м від поверхні води; $B_{\phi} \cos \alpha$ – довжина фронту дії сили вітру; v – коефіцієнт динамічної в'язкості, значення якого залежать від температури річкової води [21]. Специфіка дії вітру на річковий потік аналогічна дії сили Кориоліса, тільки у вигляді нагінних хвиль на поверхні потоку.

Визначення гідравлічного коефіцієнта $\lambda_{хв}$ рекомендується виконувати за формулою:

$$\lambda_{хв} = \frac{(W_{10} - v_{р.п}) B_{\phi} \cos \alpha}{v}, \quad (22)$$

де $(W_{10} - v_{р.п})$ – характеризує дію ефекту ежекції на поверхню води, обумовленого електромагнітним полем, яке формується на межі між поверхнею води і вітровим фронтом [22].

На урбанізованих ділянках русел необхідно враховувати вплив на русловий потік берегозахисних кріплень та захисно-регулювальних споруд. Можливість активного управління русловими процесами викладено в роботі [19]. У даній статті намічено врахувати вплив різних поверхонь на величину коефіцієнтів гідравлічного опору $\lambda_{б.к}$ і $\lambda_{з-р.с}$, які змогли б у повній мірі охопити різнопланові види берегозахисних кріплень та захисно-регулювальних споруд. Для визначення впливу берегозахисних кріплень на величину коефіцієнта гідравлічного опору $\lambda_{б.к}$ рекомендується розрахункова формула наступного вигляду:

$$\lambda_{б.к} = \frac{2(h_{pф} B_{ф} \cos \alpha \rho_{см})^2 + v_{ноп}}{\rho_{см} I_0 v_{п.п}}, \quad (23)$$

де $U_{ноп}$ – середня поперечна швидкість руслового потоку; I_0 – поздовжній гідравлічний похил руслового потоку.

Наведена формула (7) показує як впливають берегозахисні кріплення на розподіл силових напружень (тиск питомої рухомої маси води і транспортувальних наносів руслового потоку на розподіл потенціалу придонної динамічної швидкості по рівнодіючій сили $B_{ф} \cos \alpha$) на русловий потік у поперечному вимірі. Таким чином, формула (7) характеризує процес трансформації гідродинамічної системи «потік – русло» у гідродинамічну систему «потік – споруда – русло».

Для визначення впливу захисно-регулювальних споруд на величину коефіцієнта гідравлічного опору $\lambda_{з-р.с}$ рекомендується розрахункова формула наступного вигляду:

$$\lambda_{з-р.с} = \frac{2(h_{з.р} B_c \cos \alpha \rho_{см})^2 + v_{ноп}}{\rho_{см} I_n v_{п.п.с}}, \quad (24)$$

де $h_{з.р}$ – середня глибина руслового потоку при наявності поперечних захисно-регулювальних споруд типу напівзагат; B_c – ширина русла у створі дії поперечних споруд, які виступають в русло зі значним стисненням живого перерізу; I_n – поперечний похил руслового потоку; $U_{п.п.с}$ – середня швидкість зрегульованого русла активними поперечними спорудами.

Зміни конфігурації рельєфу русло-заплавного комплексу можуть впливати на пропускну здатність русла. Одним із прикладів таких змін може слугувати двохбічне обвалування русла за схемою різкого обмеження ширини водопропускного коридору. В роботі [19] даються ряд рекомендацій стосовно визначення необхідної ширини B_p русло-заплавного комплексу, але у цьому контексті необхідно також оцінити можливі зміни гідравлічного опору на ділянках видозмінених русел. Для визначення складової гідравлічного опору для умов обмеження території заплави пропонується розрахункова формула наступного вигляду:

$$\lambda_{р-з} = \frac{B_p + 0,2 B_{п.м} v_{ноп}}{\rho_{см.з} I_{0.з} v_{з.п}}, \quad (25)$$

де $\lambda_{р-з}$ – гідравлічний опір від впливу видозміни заплави на руслові процеси; B_p – розрахункова ширина водопропускного коридору; $B_{п.м}$ – ширина поясу меандрування; $U_{ноп}$ – середня поперечна швидкість заплавного потоку; $\rho_{см.з}$ – віртуальна щільність заплавного потоку (водний потік з транспортувальними наносами); $I_{0.з}$ – поздовжній гідравлічний похил заплавного потоку; $U_{з.п}$ – середня поздовжня швидкість заплавного потоку.

Значний забір води з річок також впливає на гідроморфологічний стан русла, оскільки при цьому відбувається деградація річки шляхом її замулення. Урахувати гідроморфологічні зміни русла можна за допомогою оцінки вертикальних руслових деформацій. Що стосується оцінки пропускну здатності таких русел, то визначити їх гідравлічний опір можна ураховуючи додаткову складову $\lambda_{з.в}$, яка враховує вплив заборів води на господарські потреби з умовою недопущення розвитку процесу

деградації річки, Для визначення $\lambda_{з.в.}$, рекомендується розрахункова формула наступного вигляду:

$$\lambda_{з.в.} = \frac{h_{рф} B_{рф} + 0,9 Q_{рф}}{\rho_{см} I_0 v_{р.п}}, \quad (26)$$

де $Q_{рф}$ – руслоформуюча витрата води.

Значні за об'ємами кар'єрні виїмки є одним із активних антропогенних факторів, які у значній мірі впливають на розвиток руслових процесів. При цьому відбуваються тривимірні руслові деформації, які при проходженні руслоформуючого паводку можуть викликати незворотні руслові деформації, на можливий довгий період часу, у вигляді трансформації типів русел. Додаткову складову гідравлічного опору $\lambda_{к.в.}$, яка ураховує вплив кар'єрних виїмок для умов недопущення розвитку незворотних руслових деформацій (просідання рівнів води), рекомендується визначати за формулою

$$\lambda_{к.в.} = \frac{h_{рф} B_{рф} + 0,2 Q_{рф}}{\rho_{см} I_0 v_{р.п}} \quad (27)$$

Греблі водосховищ і гідротехнічних вузлів найбільш активно впливають на розвиток руслових процесів. Кардинальні зміни руслової ситуації не дають можливість побачити річку, так як верхній і нижній б'єфи займають великі ділянки русла. Вплив цих споруд на руслові процеси є незворотнім на весь період їх існування.

Таким чином, загальний коефіцієнт гідравлічного опору λ_3 складається з дванадцяти складових елементів гідравлічного опору, які наведені у вигляді суперпозиційної арифметичної суми

$$\lambda_3 = \lambda_{\Delta} + \lambda_{рф} + \lambda_{б} + \lambda_{рос} \pm \lambda_{кор} \pm \lambda_{віт} \pm \lambda_{хв} + \lambda_{б.к} + \lambda_{з-р.с} + \lambda_{р-з} + \lambda_{з.в} + \lambda_{к.в}. \quad (28)$$

Слід відмітити, що для ділянок русел річок у місцях розташування гідрологічних постів (табл. 1), як правило, не треба виконувати розрахунки параметра $\lambda_{рос}$. Русла гірських річок є практично чисті від рослинності. Лише на обмеженій частині ділянок річок зі складною формою русла можна зустрітися з рослинністю (русло в гірській частині на деяких ділянках річок має так зване «внутрішнє» русло, яке можна виокремити зарослими відмілинами).

Стосовно визначення λ_{τ} необхідно відмітити наступне [17, 23] – в гравійно-гальково-валунних руслах донний градовий рельєф проявляється досить слабо в сезонному циклі (найбільш рельєфні гряди формуються на піку проходження паводку з руслоформуючими витратами води з транспортом гравійних наносів, а при спаді паводку вони досить швидко трансформуються у напрямі зменшення їх висоти до 75%). Гідравлічний опір в таких руслах в цілому визначається формою поперечного перерізу потоку на конкретній ділянці і зернистою шорсткістю дна русла й досить слабо залежить від швидкості течії; гребні перекатів після спаду рівнів розмиваються досить повільно або в умовах формування шару самовимощення не розмиваються взагалі і їх форма досить наближена до водозливу з широким порогом.

У результаті обрахунків руслоформуючих витрат за наведеними вище формулами можна виконати порівняльний аналіз даних методик і визначити межі практичного їх використання. Із даних таблиці 2 видно, що руслоформуючі витрати, отримані за формулами (1 і 3), є більш наближеними до даних колонки (3), обчислених за контрольною формулою (7).

Таблиця 2. Руслоформуючі витрати води за формулами порівняльного аналізу

№ п/п	Річка -пункт (гідрологічний пост)	Q _{рф} , м3/с. форм.(7)	Q _{рф} , м3/с. форм.(1)	Q _р , м3/с. форм.(3)	Q _{рф} , м3/с. форм.(6)	Q _{рф} (сер.), м3/с, контроль.
1	Тиса - м.Рахів	362	360	326	350	352
2	Чорна Тиса - смт. Ясеня	140	143	125	108	129
3	Біла Тиса - с. Ростоки	140	142	134	117	133
4	Тересва - с.Усть Чорна	368	380	317	289	338
5	Тересва - с. Нересниця	622	600	583	512	579
6	Теребля - с. Колочава	193	215	212	204	206
7	Ріка - смт. Міжгір'я	185	190	180	175	182
8	Ріка -м. Хуст	818	800	795	652	767
9	Боржава - с. Довге	400	400	396	422	405
10	Латориця - с. Підполоззя	230	235	240	235	235
11	Латориця - м. Мукачеве	715	720	714	636	696
12	Уж - с. Жорнава	180	265	176	148	192
13	Уж - м.Ужгород	805	795	727	523	712
14	Сірет - м. Сторожинець	274	270	270	280	274
15	Прут - с. Кремінці	166	177	163	156	165
16	Прут -м. Чернівці	890	790	665	972	829
17	Черемош - с. Устеріки	330	328	258	248	291
18	Білий Черемошс.Яблониця	237	232	167	173	202
19	Чорн.Черемошс.Верховина	280	275	172	172	224
20	Дністер - с.Стрілки	215	260	225	233	211
21	Дністер - м.Галич	1600	1585	1540	1540	1566
22	Стрій - с. Матків	130	130	129	126	129
23	Стрій - с. Верх. Синевидне	825	790	780	720	779
24	Лімниця - с. Осмолода	186	270	269	252	244
25	Луква - с. Боднарів	210	205	254	252	230
26	Бистриця - с. Ямниця	1020	1190	950	955	1029
27	Бистриця-Надв.-с. Пасічне	265	275	206	202	237
28	Бистриця-Солот.-с. Гута	254	260	170	200	221

Висновки. 1. Визначення руслоформуючих витрат води з транспортувальними наносами для гірських річок Українських Карпат рекомендується виконувати за модифікованою формулою (7) Шезі-Манінга при умові відсутності незворотних руслових деформацій та за формулою (1). При наявності незворотних руслових деформацій у більшій мірі підходить формула (1), побудованою у правій частині на основі використання комплексного коефіцієнта гідравлічного опору/тертя λ_3 (у вигляді $0,226\lambda_3^{0,5}R^{0,166}$). На ділянках річки з типом русла – вільне меандрування можна використати всі приведені для аналізу формули.

2. Використання комплексного коефіцієнта гідравлічного опору λ_3 дає можливість оцінити долю впливу кожної із складових, що є особливо важливим при управлінні русловими процесами на урбанізованих ділянках річок.

Список літератури

1. Руслові процеси річки Лімниця / Ободовський О. Г., Онищук В. В., Гребінь В. В. та ін. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 256 с. 2. Ободовський О. Г. Оцінка стійкості русел і класифікація паводків гірських річок / О. Г. Ободовський // Україна та глобальні процеси : географічний вимір : зб. наук. матеріалів у 4-х тт. – К. – Луцьк : Вежа, 2000. Т. 2. – С. 205-209. 3. Онищук В. В. Физическое моделирование русловых процессов горных рек / В. В. Онищук, А. С. Бильчук, О. Н. Козицкий // Мелиорация и водное хозяйство. – 1989. – Вып. 70. – С. 60–65. 4. Ободовський О. Г. Руслоформуючі витрати та класифікація паводків на гірських річках / Ободовський О. Г., Онищук В. В., Коноваленко О. С. // Вісник Київського університету. Сер. Географія. – 2002. – Вип. 48. – С. 42–47. 5. Базилевич В. А. Оценка шероховатости ложа естественных русел, сложенных из неоднородных несвязных грунтов / Базилевич В. А., Бухин М. Н., Онищук В. В. // Мелиорация и водное хозяйство. – 1984. – Вып. 52. – С. 53–66. 6. Онищук В. В. Результати досліджень функціональних зв'язків між основними гідравлічними й русловими характеристиками річок Українських Карпат / В. В. Онищук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – Т.12. – С. 58–71.

7. Гришанин К. В. Устойчивость русел рек и каналов / К. В. Гришанин. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 143 с. 8. Гришанин К. В. Гидравлическое сопротивление естественных русел / К. В. Гришанин. – Л. : Гидрометеиздат, 1992. – 182 с. 9. Ободовський О. Г. Оцінка гідродинамічної стійкості судноплавного русла Дніпра в акваторії нижнього б'єфу Канівського гідровузла / О. Г. Ободовський, В. В. Онищук // Україна : географічні проблеми сталого розвитку: зб. наук праць у 4-х тт. – К. : ВГЛ Обрії, 2004. – Т. 3. – С. 155–158. 10. Онищук В. В. Оценка гранулометрического состава русловых отложений горных рек / В. В. Онищук, А. Н. Кафтан // Вопросы гидротехники и мелиорации на Украине. – К. : Укр НИИГиМ, 1982. – С. 101-113. 11. Сидорчук А. Ю. Структура рельефа речного русла / А. Ю. Сидорчук. – СПб. : Гидрометеиздат, 1992. – 126 с. 12. Зегжда А. П. Гидравлические потери на трение в каналах и трубопроводах / А. П. Зегжда. – Л. : Гос. изд-во лит-ры по стр-ву и архитектуре, 1957. – 278 с. 13. Кадыров А. О. Гидравлические сопротивления в каналах с гравелисто-песчаными руслами / А. О. Кадыров, С. Тахиров. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – Т. X, кн.1. – С. 260–265. 14. Кондратьев Н. Е. Основы гидроморфологической теории руслового процесса / Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Сنيщенко Б. Ф. – Л. : Гидрометеиздат, 1982. – 272 с. 15. Боровков В. С. Русловые процессы и динамика речных потоков на урбанизированных территориях / В. С. Боровков. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 297 с. 16. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик. – М. : Машиностроение, 1975. – 560 с. 17. Морфодинамика русел равнинных рек / Чалов Р. С., Алабян А. М., Иванов В. В. и др. – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 288 с. 18. Бухин М. Н. Исследование начальных скоростей влечения частиц неоднородных несвязных грунтов / М. Н. Бухин, В. В. Онищук // Мелиорация и водное хозяйство. – 1997. – Вып. 41. – С. 81-89. 19. Ободовський О. Обґрунтування оптимальних управлінських рішень для протипаводкового захисту урбанізованих заплавної території в басейні р. Латориця / Ободовський О., Онищук В., Федів Р. // Водне господарство України. – 2009. – №4. – С. 17–24. 20. Онищук В. В. Принципові властивості відкритих динамічних систем у контексті еволюції руслових процесів: інваріантність, ергодичність, меандрування / В. В. Онищук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 10. – С. 9–20. 21. Справочник по гидравлике / под. ред. В. А. Большакова. – К. : Вища школа, 1977. – 280 с. 22. Онищук В. В. Принципові властивості відкритих динамічних систем та їх роль при регулюванні русел річок / В. В. Онищук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т.1(26). – С. 19-27. 23. Онищук В. В. Аналіз методик визначення руслоформуючих витрат води для русел гірських річок у контексті оцінки стоку наносів / В. В. Онищук // Україна: географія цілей та можливостей : зб. у 4-х тт. – К. : ВГЛ Обрії, 2012. – Т.1. – С. 231-236.

Оцінка пропускної здатності русел гірських річок

Онищук В. В.

Проведено порівняльний аналіз руслоформуючих витрат води і транспортувальних наносів для русел гірських річок, визначених за чотирьома формулами з урахуванням коефіцієнтів гідравлічного опору зернистості шорсткості, руслових форм і берегів. Крім того, даються рекомендації стосовно урахування інших дев'яти складових опору від дії зовнішніх сил, які необхідно враховувати в залежності від місця розташування річки і напрямів їх впливів.

Ключові слова: пропускна здатність русла, гідравлічний коефіцієнт загального опору русла, руслоформуюча витрата води і транспортувальних наносів.

Оценка пропускной способности русел горных рек

Онищук В. В.

Проведено сравнительный анализ руслоформирующих расходов воды и транспортирующих наносов для русел горных рек, определенных за четырьмя формулами с учётом коэффициентов гидравлического сопротивления зернистой шероховатости, русловых форм и берегов. Кроме этого, даются рекомендации касательно учёта других девяти составляющих в зависимости от места расположения реки и направления их действия.

Ключевые слова: пропускная способность русла, гидравлический коэффициент общего сопротивления русла, руслоформирующий расход воды и транспортирующих наносов.

Score transporting capacity of highlands river gchannels

Onischuk V. V.

A comparative analysis channel bed water flow channels for the rivers. We used four formulas based on hydraulic resistance coefficients granular roughness, channel forms and the coast. Also makes recommendations regarding consideration other nine components of resistance to the action of external forces. These forces must be considered, depending on the location of rivers and areas of influence. Recommended for use in the formula Shezy-Maninha coefficient total hydraulic resistance / terttya as superpozytsiynoyi arithmetic sum of twelve components. Among them are the key elements in the granular bed roughness, channel forms, shores, vegetation Koryolisa power, wind, waves, coast belt, protective and regulatory structures, configuration

Keywords: bandwidth channel, the hydraulic resistance coefficient common channel, channel bed form water flow and transporting sediment.

Надійшла до редколегії 30.01.2013

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

УДК 556.51+ 627.743

Ободовський О. Г., Данько К. Ю.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРОСТОРОВО - ЧАСОВА ДИНАМІКА РУСЛОФОРМУЮЧИХ ВИТРАТ ВОДИ РІЧКИ ДЕСНА

Ключові слова: руслоформуюча витрата води; різницева інтегральна крива; умови руслоформування; bankfull

Актуальність дослідження. Руслоформуючі витрати води Q_{Φ} є активним чинником руслових процесів, які визначають інтенсивність розвитку руслових деформацій та обумовлюють стійкість русла. Особливо їх проходження має активний прояв на рівнинних річках в умовах вільного розвитку руслових деформацій.

В сучасних умовах особливості розвитку руслових процесів р.Десна є слабо вивченими. Визначення руслоформуючих витрат води річки Десна - це необхідна умова щодо оцінки її руслових процесів. Руслоформуючі витрати виступають в даному випадку, інтегральним показником впливу характеристик потоку на русло-заплавний комплекс і, в значній мірі, обумовлюють його стійкість.

Важливим аспектом цього питання є просторова часова оцінка цих витрат, яка дає можливість як проводити ретроспективний аналіз процесів руслоформування, так і встановити сучасні умови їх розвитку.

Мета роботи полягає у встановленні змін водності р.Десна та розрахунку руслоформуючих витрат води за різними підходами у відповідності до різних фаз водності річки.

Методична основа та результати досліджень. Проблематикою визначення руслоформуючих витрат води займалось багато вітчизняних і закордонних вчених, якими розроблено низку різноманітних підходів щодо їх визначення. Деякі з них розраховані для гірських річок, інші адаптовані для рівнинних, таких як річка Десна.

В країнах СНД та Україні, найбільшого розповсюдження та визнання набули підходи оцінки руслоформуючих витрат води рівнинних річок, розроблені М. І. Маккавеевим [6] та К. В. Гришаниним [4]. А також метод, що ґрунтується на аналізі багаторічних кривих витрат $Q=f(H)$, для визначення руслоформуючої витрати води при рівні «bankfull» - Q_{bf} . Цей підхід є одним з найактуальніших в зарубіжній літературі [1-2, 7].

Стосовно методики М.І.Маккавеева, то вона надає можливість оцінити гідрологічну складову руслового режиму річок. Враховуючи енергетичний потенціал потоку, крупність наносів та статистичну забезпеченість кожного інтервалу витрат, за максимумами функцій (1) здійснюється обчислення руслоформуючої витрати води:

$$Q_{\Phi} = f(\sigma Q_{\Phi}^n P I) \quad (1)$$

де σ - коефіцієнт, що враховує ширину розливу річки ($\sigma = 1$ до виходу води на заплаву; $\sigma = 0,9$ при ширині заплави меншої двох ширин русла; $\sigma = 0,5$ при ширині затопленої заплави більше десяти ширин русла); Q_0 - середня витрата води кожного з інтервалів, на які розбивається весь діапазон витрат, що

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

спостерігаються в розрахунковому створі (при цьому беруться щоденні витрати води), m^3/c ; n – показник ступеню, що залежить від крупності руслового алювію ($n=2$ для річок з піщаним дном; $n=2,5$ для річок з гравійно-гальковим дном; $n=3$, гальково-валунного дна); P – ймовірність перевищення щоденних витрат для відповідного їх інтервалу, %; I – середній похил вільної поверхні водотоку для відповідного інтервалу витрат. Даний підхід дозволяє оцінити величину впливу потоку на русло, по трьох його основних рівнях – в руслі, при виході на заплаву та на заплаві. Певні доповнення до цієї методики зроблені в роботі [7].

Формула для визначення руслоформуючої витрати води К. В. Гришаніна [4, 5], побудована за іншим принципом. Цей автор в своїх роботах, приділяв велику увагу морфометрії русла та умовам його стійкості. Він встановив залежність стану гідродинамічної системи «потік-русло» ($ГДС_{п-р}$) від форми русла та величини стоку води, яка виглядає наступним чином:

$$M_x = \frac{h \times (gB)^{0.25}}{Q^{0.5}} = \text{const.} \quad (2)$$

Залежність (2) визначає умови стійкості русла, де стан динамічної рівноваги $ГДС_{п-р}$ для піщаних русел рівнинних річок, відповідає осередненому значенню 0,9, тобто вираз можна записати у вигляді тотожності:

$$M_x = \frac{h \times (gB)^{0.25}}{Q^{0.5}} = 0,9. \quad (3)$$

Показник M_x у межах прояву властивостей самоорганізації $ГДС_{п-р}$ змінюється від 0,75 до 1,05 [4, 5].

Таким чином, руслоформуюча витрата води неодмінно залежить від стану русла, його форми та стійкості. Отже з рівняння (3) зворотнім шляхом отримуємо формулу для визначення руслоформуючої витрати води наступного вигляду:

$$Q_{\Phi} = [1,11 \times h_{\Phi} \times (gB_{\Phi})^{0.25}]^2. \quad (4)$$

Структура формули (4) вказує на ступеневий зв'язок між руслоформуючою витратою і формою русла. Форма русла ділянки річки в свою чергу характеризується типом прояву руслових процесів (типом русла).

Наведені вище методи визначення руслоформуючих витрат води є достатньо точними аналітичними залежностями. Разом з тим руслоформуючу витрату води можна визначити і графічним шляхом. Найбільш сприятливі з огляду на процеси руслоформування умови потоку мають місце при заповненому водою руслі, коли витрата води проходить в межах руслових брівок. Така витрата води і вважається руслоформуючою і отримала назву «bankfull» - Q_{bf} . Даний підхід використовується для оцінки руслових процесів на північноамериканських [1, 2].

Вказаний метод визначення руслоформуючих витрат доволі простий і ґрунтується на аналізі багаторічних кривих витрат $Q=f(H)$. Визначення руслоформуючої витрати води при рівні «bankfull», здійснюється шляхом виявлення відповідної витрати руслонаповнюючому рівню води, при якому спостерігається вихід її на заплаву.

Вищенаведені методи визначення руслоформуючих витрат були застосовані для р. Десна в межах України.

Але для оцінки просторово – часової їх динаміки, необхідно було встановити особливості коливання водності, багаторічної мінливості стоку річки Десна. В цьому контексті фази водності виступають в ролі головного предиктору прояву процесів руслоформування. Для вирішення даної проблеми показово спрацює

метод різницевих інтегральних кривих, які відображають загальну мінливість коливання будь-якої характеристики стоку. Даний підхід часто застосовується для вирішення питань пов'язаних зі змінами водності [3]. Для виявлення закономірностей змін водності річки Десна, був проведений аналіз багаторічних коливань водності за середнім і максимальним стоком води.

Для побудови та аналізу різницевих інтегральних кривих коливання середніх і максимальних витрат води р. Десна (рис. 1), використовувались матеріали спостережень трьох гідрологічних постів - с. Розльоти (рис. 1а), м. Чернігів (рис. 1б) та с. Літки (рис. 1в), за стоком р. Десна. Для розрахунків та аналізу залучались дані безперервних рядів спостережень за стоком до 2009 року включно. Обчислення величин руслоформуючих витрат води, також виконувались за даними цих постів.

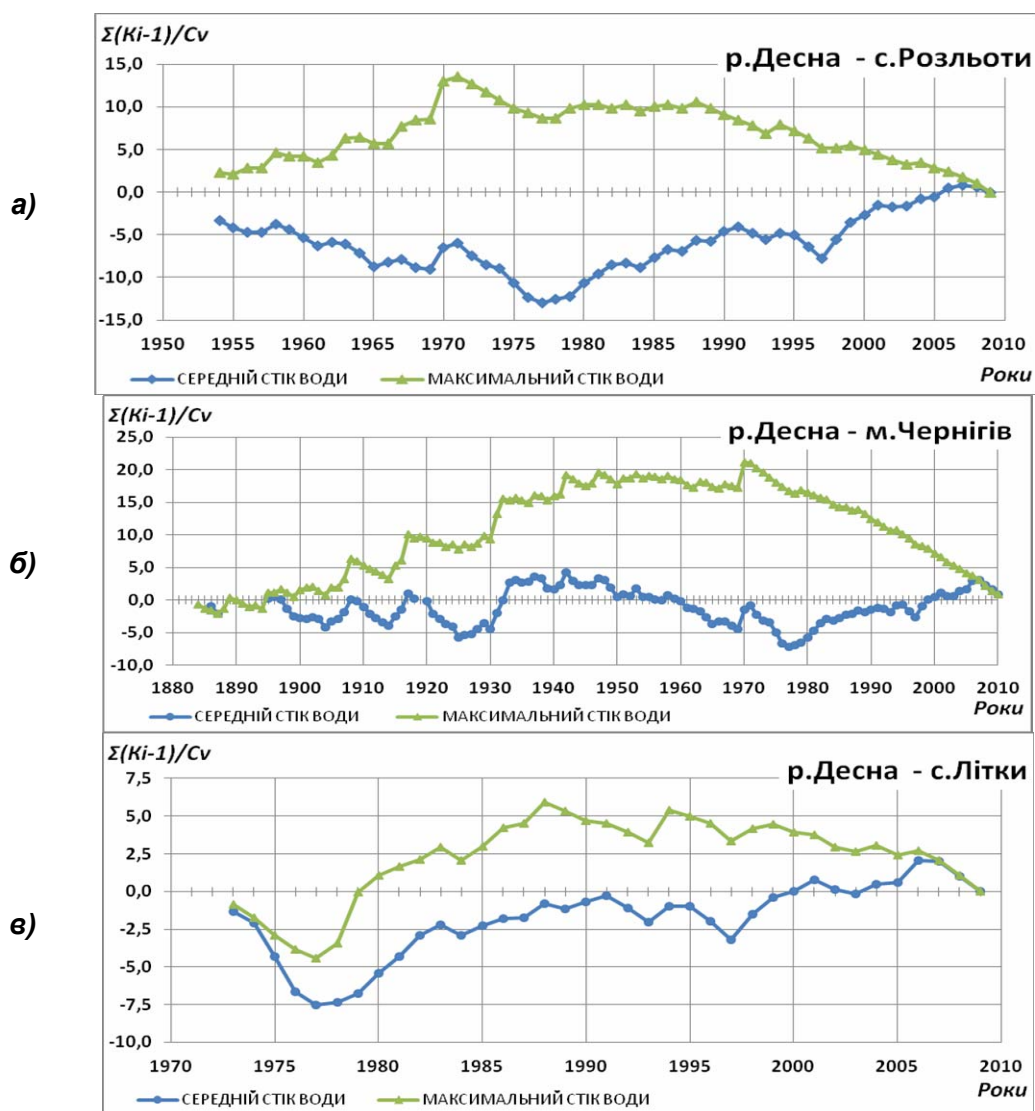


Рис.1. Різницеві інтегральні криві коливання витрат води та наносів р. Десна, побудовані за даними гідрологічних постів с. Розльоти (а), м. Чернігів (б) та с. Літки (в).

Графіки коливання середніх та максимальних витрат води побудовані за даними спостережень на посту м.Чернігів, використовувались як індикаторні, при встановленні циклів водності. Аналіз різницевих інтегральних кривих коливання водності річки Десна, встановив асинфазність в часових змінах середнього та максимального стоку, яка відмічається на графіках для всіх постів. Хоча при цьому

на (рис. 1б), форма кривих вказує на біфуркацію коливання середніх та максимальних витрат, яка відповідає 1943 р. на графіку, що говорить про зміну спрямованості флуктуацій середнього та максимального стоку. Найбільші зміни проявились на коливанні максимального стоку. Співвідношення статистичних параметрів C_s та C_v коливання максимального стоку, суттєво різняться в часових відрізках до ($C_s/C_v = 2,0$) та після 1943 р. ($C_s/C_v = 4,5$) для гідрологічного поста м. Чернігів. Для гідрологічних постів с. Розльоти та с. Літки співвідношення C_s/C_v максимальних витрат, також є достатньо високим в сучасний період 3,6 та 3,3 відповідно. Тому це слугувало підставою до виділення циклу водності, що починається з 1943 року і триває нині.

Тривалість визначеного циклу по 2009 рік включно складає 67 років. В даному циклі чітко виділяються дві фази водності. Найкраще фази водності проявляються на кривих коливання середніх витрат (рис. 1б). З графіків видно, що з 1943 до 1978 року спостерігалась тенденція зменшення середнього стоку, хоча дана фаза характеризувалася високими водопіллями 1947 (4470 м³/с), 1951 (3220 м³/с), 1953 (2850 м³/с), 1963 (3360 м³/с), 1967 (2750 м³/с) та 1970 (8000 м³/с) років. З цього виходить, що маловодній фазі водності за середньорічними значеннями стоку відповідає багатоводна фаза водності за максимальними значеннями витрат води. В цьому проявляється асинфазність коливань середнього та максимального стоку.

Після 1978 р. на графіках відмічається зворотна ситуація. Середньорічний стік поступово збільшується, але тепер дуже високі максимуми практично відсутні.

Після високого водопілля 1970 року (8000 м³/с), найбільша витрата спостерігалась навесні 1979 року (2460 м³/с), з якого відмічається багатоводна фаза середньорічного стоку. В цей час найбільші максимальні витрати спостерігались у 1979 (2460 м³/с), 1986 (1640 м³/с), 1988 (1920 м³/с) та 1994 (2040 м³/с) роках, які практично відповідають середній максимальній витраті – 1831 м³/с. Така ситуація обумовлена змінами умов формування весняного водопілля в межах басейну. За останніми оцінками гідрологічного режиму річки Десна, впродовж останнього періоду відмічаються зміни характеристик весняного водопілля, а саме його тривалості, висоти і об'єму [3, 9]. Водопілля, на яке загалом припадає близько 58 % [3, 9] всього річного стоку, у внутрірічному стоці скоротилась на 11 % впродовж останніх десятиліть [3], тобто зменшилась його висота і об'єм. Проходження стоку в цей період відбувається здебільшого без затоплення заплави, тобто в руслових брівках. Більш багатоводними стають літньо-осіння і зимова межень. Частки їх у річному стоці за даними [3] збільшились на 5% і 6% відповідно. Отже вищевказане свідчить про те, що багатоводна фаза за середньорічними значеннями стоку характеризується підвищенням стокових величин в меженні періоди.

Відомо, що руслоформуюча діяльність потоку більше проявляється під час проходження високих витрат води, а виділені фази водності суттєво відрізняються між собою характером максимального стоку. Отже і умови руслоформування маловодної та багатоводної фази, також суттєво різняться між собою. Тому обчислення руслоформуючих витрат води річки Десна, виконувались за даними двох періодів, що відповідають різним фазам водності:

- маловодна фаза 1943 – 1978 рр., тривалість 34 роки;
- багатоводна фаза 1979 – 2009 рр., триває 30 років і продовжується досі.

Такий розподіл на фази дав можливість проаналізувати просторово – часову динаміку руслоформуючих витрат води. Результати обчислення руслоформуючих витрат води різними методами та за різні часові періоди представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати розрахунків руслоформуючих витрат води р. Десна

до 1978					
Річка - Пост	Q_{bf}	за формулою К. В.Гришаніна	за методикою М. І. Маккавєєва		
			нижній	середній	верхній
р.Десна - с.Розльоти	600	565	-	595	1710
р.Десна - м.Чернігів	1250	1450	-	1000	5400
р.Десна - с.Літки	1010	1021	540	-	2100
1979 - 2009					
Річка - Пост	Q_{bf}	За формулою К. В.Гришаніна	За методикою М. І. Маккавєєва		
			нижній	середній	верхній
р. Десна - с. Розльоти	560	592	200	-	1000
р. Десна - м. Чернігів	1350	1264	350	1050	-
р. Десна - с. Літки	1050	862	300	780	-

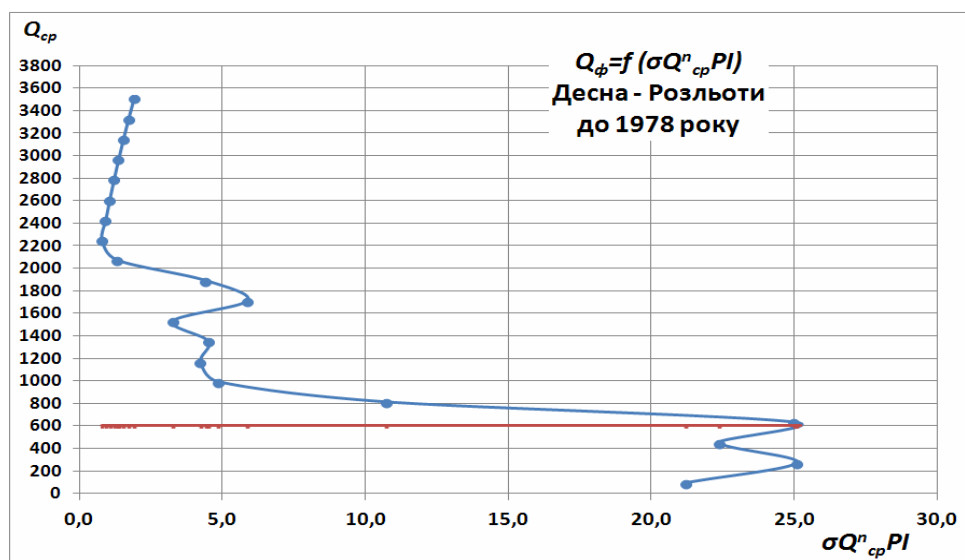
Як засвідчують дані табл. 1, багаторічні коливання водності мають суттєвий вплив на зміну величин руслоформуючих витрат води. За двома підходами (Q_{bf} і за формулою К.В.Гришаніна) визначено по одній руслоформуючій витраті води, які відповідають гідравлічним умовам потоку, перед самим його виходом на заплаву. Варто відмітити, що за цими двома підходами важко встановити тенденцію до змін руслоформуючих витрат, вони не відображають загальної картини взаємодій потоку та русла при проходженні різних інтервалів витрат.

Дещо інша картина спостерігається за оцінкою руслоформуючих витрат води, розрахованих за методикою М.І.Маккавєєва. За різні фази водності руслоформуючі витрати води, розрахованих за цією методикою мають суттєві відмінності. Коливання водності суттєво змінило вплив русло-заплавного комплексу на величини руслоформуючих витрат води. Крім наявності двох екстремумів на епюрах Q_{ϕ} (рис. 2–3), які кількісно залишаються незмінними протягом вказаних фаз водності, мають місце суттєві зміни в перерозподілі інтервалів руслоформуючих витрат води. Для всіх трьох постів, на відміну від маловодної фази водності, в багатоводний сучасний період утворились нижні інтервали Q_{ϕ} із загальним зменшенням його величини. При проходженні цього інтервалу відбуваються затоплення всіх руслових форм (коси, осередки, боковики). При цьому має місце зростання градієнтів швидкостей, так як площа поперечного перерізу зростає незначно.

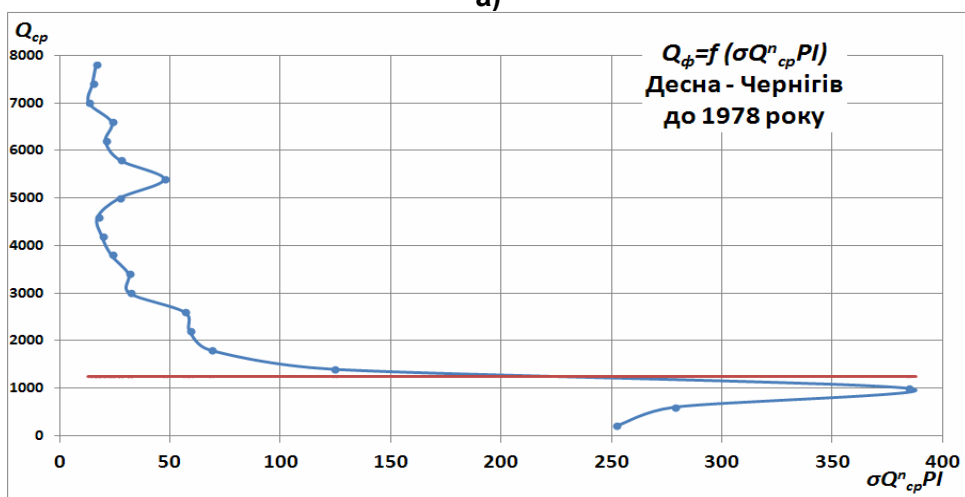
Середній інтервал руслоформуючих витрат трансформувався (зник для г/п Розльоти і з'явився для г/п Літки) (рис. 3в). Стосовно верхнього інтервалу, то він залишився лише для г/п Розльоти (при абсолютному зменшенні в 1,7 рази). Для двох інших постів в сучасних умовах руслоформування його прояв відсутній. Така ситуація пояснюється тим, що на поверхні заплави за останні 20 років не було зафіксовано витрати, яка б за своїми гідравлічними показниками забезпечувала активний транспорт наносів.

Якщо в цілому розглядати умови проходження руслоформуючих витрат води, то можна констатувати загальне зменшення їхніх абсолютних величин в сучасний період. Особливо це стосується верхніх інтервалів Q_{ϕ} . Натомість середні інтервали Q_{ϕ} дещо зросли (збільшення середньої водності річки), що може також свідчити про можливе врізання її русла.

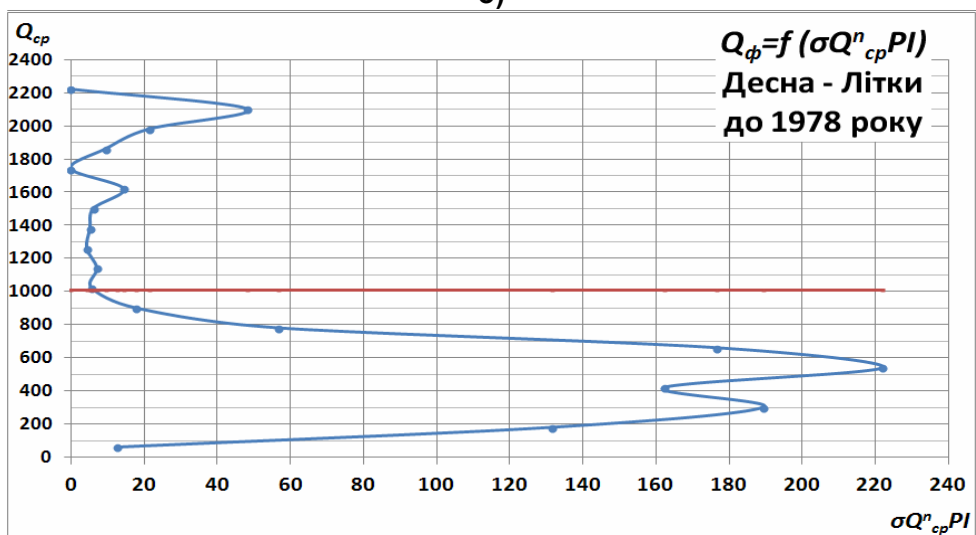
При порівнянні всіх трьох підходів до визначення Q_{ϕ} , то вони мають доволі схожі результати, які здебільшого, не перевищують похибку вимірювань витрат води (10%). Але найбільш обґрунтованим і об'єктивно відображаючим руслоформуючу діяльність річки на всіх її ієрархічних рівнях, є Q_{ϕ} , обраховані за методикою М.І.Маккавєєва.



а)

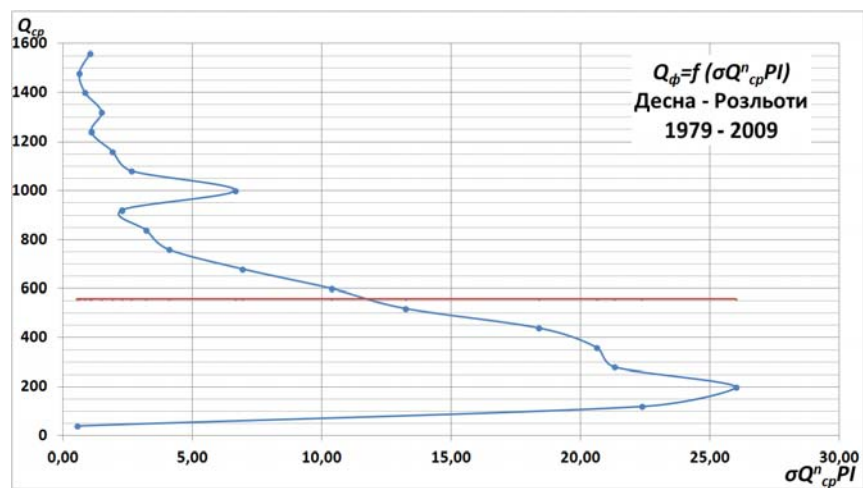


б)

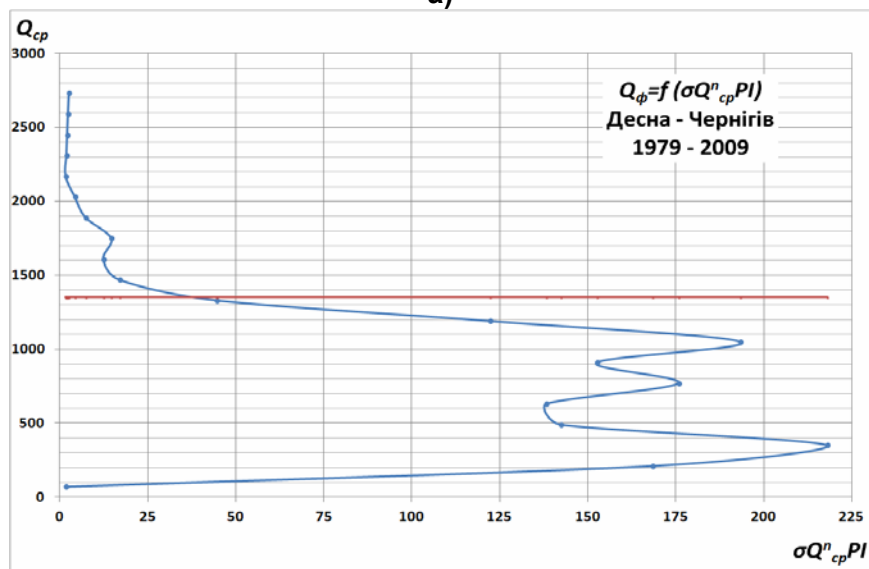


в)

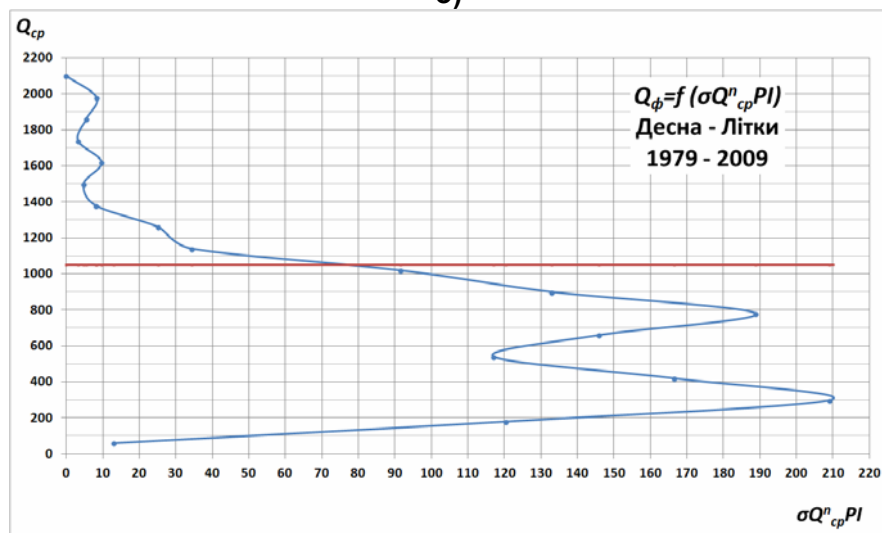
Рис. 2. Епюри залежностей $Q_{\phi} = f(\sigma Q_{cp}^n PI)$ для гідрологічних постів на р. Десна с. Розльоти (а), м. Чернігів (б) та с. Літки (в) за період до 1978 р.



а)



б)



в)

Рис. 3. Епюри залежностей $Q_{\phi}=f(\sigma Q^n_{cp}PI)$ для гідрологічних постів на р. Десна с. Розльоти (а), м. Чернігів (б) та с. Літки (в) за період після 1979р.

Насамкінець, необхідно відмітити, що для практичних потреб, особливо для встановлення стійкості русла Десни, слід використовувати саме сучасні дані про величини руслоформуючих витрат. В якості основних прийняті руслоформуючі витрати, які обраховані за методикою М. І. Маккавеева [6]. При цьому витрати при bankfull і за К. В. Гришаниним [4] є допоміжними, перевірочними значеннями при подальших руслових розрахунках і узагальненнях.

При проходженні середнього інтервалу Q_{ϕ} , який домірний до рівня bankfull, присутній найбільш вигідний гідравлічний профіль русла Десни, при якому найменшим є співвідношення B/h і W/h . Середні швидкості є чи не максимальними в руслі, і потік характеризується значною транспортуючою здатністю.

Виникнення нижніх і середніх інтервалів Q_{ϕ} свідчить про загальне зростання середньої водності річки. Поряд з цим, максимальні показники витрат зменшуються, про що свідчить зникнення верхніх інтервалів руслоформуючих витрат води р. Десна.

Висновки. Отримані результати по визначенню руслоформуючих витрат води за різні фази водності, надали можливість точніше оцінити вплив багаторічного коливання стоку на руслові процеси. Встановлено, що методика М.І.Маккавеева краще підходить для оцінки впливу змін водності на формування руслоформуючої витрати, вказує на перерозподіл руслоформуючих інтервалів витрат. Крім того, дана методика через свою чутливість достатньо виразно відображає суттєві зміни водності і надає можливість пояснити вплив коливання водності на руслові деформації.

Список літератури

1. Leopold L. B. River channel patterns – braided, meandering and straight. / L. B. Leopold, M. G. Wolman // US Geol. Surv. Prof. Pap. – 1957. – 282-B. – P. 1–85. 2. Rosgen D. Applied river morphology. / D. Rosgen. – Minneapolis, Minnesota: Printed Media Company, 1996. – 342 p. 3. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно гідрологічний аналіз) / В. В. Гребінь. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с. 4. Гришанин К. В. Теория руслового процесса / К. В. Гришанин. – М. : Транспорт, 1972. – 215 с. 5. Гришанин К. В. Устойчивость русел рек и каналов / К. В. Гришанин – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 223 с. 6. Маккавеев Н. И. Русловые процессы / Н. И. Маккавеев, Р. С. Чалов. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 264 с. 7. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України) / О. Г. Ободовський. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 274 с. 8. Чалов Р. С. Русловедение: теория, география, практика. / Р. С. Чалов. – Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел – М. : Изд-во ЛКИ, 2008. – 608 с. 9. Чорноморець Ю. О. Багаторічна динаміка термінів проходження весняного водопілля на річках басейну Десни / Ю. О. Чорноморець, К. Т. Фріндт // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 2(19). – С. 94–105.

Просторово-часова динаміка руслоформуючих витрат води річки Десна

Ободовський О. Г., Данько К. Ю.

Розглянуті основні підходи до визначення руслоформуючих витрат води рівнинних річок. Проаналізовані особливості коливання водності, зокрема середнього та максимального стоку річки Десна. Виявлено тенденції багаторічних змін руслоформуючих витрат води.

Ключові слова: руслові процеси, руслоформуюча витрата води; різницєва інтегральна крива; умови руслоформування; фаза та цикл водності; bankfull.

Пространственно-временная динамика руслоформирующих расходов воды реки Десна

Ободовский А. Г., Данько К. Ю.

Рассмотрены основные подходы к определению руслоформирующих расходов воды равнинных рек. Проанализированы особенности колебания водности, в частности среднего и максимального стока реки Десна. Выявлено тенденции многолетних изменений руслоформирующих расходов воды.

Ключевые слова: русловые процессы, руслоформирующий расход воды; разностная интегральная кривая; условия руслоформования; фаза и цикл водности; bankfull.

Spatiotemporal evolution of river bed formation discharges of Desna River

Obodovskiy O. G., Danko K. Y.

The main approaches of determination of river bed formation discharge of plain rivers were examined. The N.I.Makkaveev's and K.V.Grishanin's methods and principle «bankfull» for river bed formation discharge were used. Features of water content fluctuation such as average and maximum discharge of Desna River were assessed. The method of integral curve shows water content fluctuation. Based on analysis of integral curves were allocated the period of water content (1943–2009 years): the period of low-water content is fixed from 1943 to 1978 years and the high-water content is fixed from 1979 year till now. The river bed formation discharge of Desna River were estimated for two periods of water content. Moreover, trends of long-term changes of river bed formation discharge were revealed. The getting results of river bed formation discharge calculations for each of two water content periods give a chance to assess the influence of long-term water content fluctuation to the river bed processes.

Key words: river bed processes; river bed formation discharge; integral curve; river bed formation conditions; period of water content; bankfull.

Надійшла до редколегії 01.02.2013

УДК 556.16

Гопченко Є. Д., Овчарук В. А., Кічук Н. С.

Одеський державний екологічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕДУКЦІЙНИХ ФОРМУЛ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ РІЧОК

Ключові слова: максимальний стік, паводки, водопілля, нормування розрахункових характеристик

Вступ. При розрахунках максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль особливої актуальності набуває науково-методичне забезпечення нормативної бази. Вже на протязі десятиліть в Україні пріоритетним залишається використання редуційних формул, які від інших відрізняються простотою і забезпечені необхідною вихідною інформацією. Але значна генералізація параметрів зводить ці формули до рівня суто емпіричних, що негативно відбивається на здійсненні просторових узагальнень. Відсутність систематичних спостережень за гідрологічним режимом малих річок ускладнює визначення характеру редуції максимальних модулів стоку на невеликих за розмірами водозборах. Як правило, редуційними структурами не виокремлюються в ті чи інші категорії фактори схилового і руслового стоку. Відомо, що такі фактори стоку як залісеність і заболоченість на максимальні модулі (витрати води) впливають опосередковано – через шари стоку і тривалість надходження води зі схилів до руслової мережі. У той же час, наявність озер, водосховищ, ставків проточного типу, широких заплавл підсилює трансформацію шляхом регулювання паводків і водопіль безпосередньо у русловій мережі.

Сучасний стан використання редуційних формул. Вперше структура редуційної формули була запропонована Д. І. Кочеріним (1928 р.) у вигляді

$$q_m = \frac{A}{(F+1)^{n_1}} \quad (1)$$

де q_m - максимальний модуль паводка або водопілля; A – емпіричний параметр, який фізично дорівнює модулю схилового припливу q_m' при $F \rightarrow 0$.

Дещо пізніше Д. Л. Соколовський [1] у спрощеному варіанті надав теоретичне обґрунтування структури (1), виходячи з моделі одномодальних гідрографів схилового припливу і руслового стоку, причому

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

$$q_m = \frac{A}{1 + \frac{t_p}{T_0}}, \quad (2)$$

де t_p - тривалість руслового добігання; T_0 - тривалість схилового припливу (водовіддачі).

У результаті порівняння (1) і (2) він прийшов до висновку, що

$$\frac{1}{(F+1)^{n_1}} = \frac{1}{1 + t_p/T_0}. \quad (3)$$

З тотожністю (3) можна було б погодитися, хоча й у спрощеному вигляді, але в одному частковому випадку – коли по території підлягає осередненню T_0 . Сучасні дослідження свідчать про те, що тривалість схилового припливу у більшості випадків підпорядковується широтній закономірності на рівнинних територіях або висотній поясності – у гірських районах. Крім того, на T_0 впливають і місцеві чинники, зокрема, залісеність і заболоченість водозборів.

З іншого боку, К. П. Воскресенським [2] доведено, що параметр A у свою чергу залежить від шару стоку Y_m , тобто

$$A = k_0 \cdot Y_m, \quad (4)$$

де k_0 - коефіцієнт схилової трансформації максимального стоку.

Враховуючи (4),

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{n_2}}. \quad (5)$$

Структура (5) була застосована при підготовці нормативних документів СН 435-72 [3], а потім і СНіП 2.01.14-83 [4] в методиці розрахунку максимальних витрат весняного водопілля. Слід зауважити, що в СН 435-72 параметр k_0 було узагальнено по географічних зонах і категоріях рельєфу, тоді як в СНіП 2.01.14-83 його пропонується визначати за методом гідрологічної аналогії. У розрахунковому вигляді базова структура (5) в обох цих документах прийнята в редакції

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F+b)^{n_2}} \mu \delta \delta_1 \delta_2, \quad (6)$$

де μ – коефіцієнт для урахування неспівпадання статистичних параметрів часових рядів максимальних витрат води і шарів стоку водопілля; δ – коефіцієнт впливу озер і водосховищ проточного типу на трансформацію паводкових (повеневих) хвиль; δ_1 – коефіцієнт для урахування впливу на характеристики максимального стоку залісеності водозборів; δ_2 – коефіцієнт для урахування впливу на характеристики максимального стоку заболоченості водозборів; b – додаткова площа, за допомогою якої враховується зниження редукації на невеликих водозборах.

Включення до (6) добавки « b » порушує структуру редукаційної формули, оскільки при $F=0$ верхньою межею для відношення $q_m/(k_0 Y_m)$ буде,

$$q_m/(k_0 Y_m) = \frac{1}{b^{n_2}} < 1.0 \quad (7)$$

замість теоретичного значення

$$q_m / (k_0 Y_m) = 1.0. \quad (8)$$

Не заперечуючи факт зменшення редукції в області невеликих водозборів, пропонується підійти диференційовано до апроксимації залежності $q_m / Y_m = f(F)$ в усьому діапазоні водозбірних площ. Так, при $F < F_0$

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F + 1)^{n_2}}, \quad (9)$$

а при $F \geq F_0$

$$q_m = \frac{q_{F_0}}{(F/F_0)^{n_3}}, \quad (10)$$

де F_0 – граничне значення водозбірних площ в області невеликих водозборів; q_{F_0} - приведений до $F = F_0$ модуль стоку; $n_2 < n_3$ - показники степені в діапазонах $F_0 < F$ і $F_0 > F$.

При вирішенні питань, пов'язаних з просторовими узагальненням k_0 , необхідно мати об'єктивне уявлення щодо його природи. З цією метою слід звернутись до рівняння редукційного гідрографа схилового припливу [5],

$$q'_t = q'_m \left[1 - \left(\frac{t}{T_0} \right)^n \right], \quad (11)$$

де q'_m - максимальний модуль схилового припливу; T_0 - тривалість схилового припливу.

Після інтегрування (11) по T_0 отримаємо

$$Y_m = \int_0^{T_0} q'_t dt = q'_m \frac{n}{n+1} T_0. \quad (12)$$

Звідси

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{1}{T_0} Y_m = k_0 Y_m, \quad (13)$$

де $\frac{n+1}{n}$ - коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу; Y_m - шар стоку за паводок або водопілля; k_0 - коефіцієнт силової трансформації паводків (водопіль)

$$k_0 = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{1}{T_0}. \quad (14)$$

Параметр $\frac{n+1}{n}$ для паводків і водопіль відрізняється значною просторовою стійкістю, на відміну від T_0 , яка залежить як від географічного положення водозборів, так само й від деяких місцевих чинників (залісеності, заболоченості). Ці природні особливості параметра T_0 необхідно прийняти до уваги при здійсненні просторових узагальнень k_0 .

Структура редукційних формул, заснованих на моделі схилових і руслових гідрографів стоку. Формування руслового стоку відбувається за природним процесом трансформації «схильний приплив – русловий стік». Гідрограф схилового припливу використаємо в редакції (11), а по аналогії з ним запишемо відповідне редукційне рівняння й для руслового стоку

$$q_t = q_m \left[1 - \left(\frac{t}{T_n} \right)^m \right], \quad (15)$$

де q_m - максимальний модуль руслового стоку; T_n - тривалість паводку (водопілля).

Якщо (15) проінтегрувати по T_n , то

$$Y_m = q_m \frac{m}{m+1} T_n. \quad (16)$$

Звідки

$$q_m = \frac{m+1}{m} \cdot \frac{Y_m}{T_n}, \quad (17)$$

де $\frac{m+1}{m}$ - коефіцієнт часової нерівномірності руслового стоку.

Припускаючи, що у русловій мережі втрати схилового припливу Y_m незначні, прирівняємо праві частини формул (12) і (16). Тоді

$$q_m = \frac{q'_m T_0}{T_n} k_m, \quad (18)$$

$$\text{де } k_m = \frac{m+1}{m} \left/ \left(\frac{n+1}{n} \right) \right.$$

Помножимо чисельник і знаменник (18) на $(T_0 + t_p)$ і здійснимо деякі нескладні перетворення, завдяки чому

$$q_m = \frac{q'_m}{1 + t_p/T_0} k_m k_n, \quad (19)$$

де $k_n = \frac{1}{1 + \frac{\Delta t}{T_0 + t_p}}$ – коефіцієнт русло-заплавного регулювання; Δt – додатковий

проміжок часу, необхідний для спрацювання русло-заплавної ємності після проходження піка паводків (водопіль).

Якщо по території T_0 змінюється у незначному діапазоні, то

$$\frac{k_m k_n}{1 + t_p/T_0} = f(F) = \frac{1}{(F+1)^{n_1}}. \quad (20)$$

Таким чином, (19) набуває вигляду

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_1}} = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{n_1}}. \quad (21)$$

У тих випадках, коли і шари стоку Y_m у просторі змінюються незначно, то q'_m є осередненим параметром редукційної формули для окремого водозбору або території.

Якщо ж T_0 не підлягає районуванню, то спрощення (19) до рівня (21) є неможливим.

Свою увагу ми зосередимо надалі на перевірці запропонованих варіантів редукційної формули для нормування характеристик максимального стоку дощових паводків на Півдні України.

Матеріали дослідження. Всього на розглядуваній території задіяно 55 гідрологічних постів. Вони охоплюють водозбірні площі розміром від 28.2 км² до 9280 км² і мають періоди спостережень більше 50 років.

Аналіз отриманих результатів. Повертаючись до базової структури (19), переконаємось, перш за все, в існуванні зв'язку між тривалістю руслового добігання t_p (год) і площею водозборів F (км²) складової редукції $1/(1 + t_p/T_0)$. Побудована між ними залежність описується рівнянням

$$t_p = 0.23(F + 1)^{0.66}; r = 0.96. \quad (22)$$

Високий коефіцієнт кореляції ($r = 0.96$) є свідченням того, що площа водозборів досить добре характеризує ступінь трансформації паводків під впливом t_p . Очевидно, що й інші складові редукції (k_n і k_m) за невеликої змінності у просторі T_0 , будуть задовільно описуватись інтегрально площею водозборів F . За цих умов здійснимо перевірку можливого використання найбільш простої формули редукційного типу

$$q_m = \frac{q'_m}{(F + 1)^{n_1}}. \quad (23)$$

Залежність $q_m = f(F)$ у логарифмічних координатах наводиться на рис.1, а її рівняння має вигляд

$$q_{1\%} = \frac{9.67}{(F + 1)^{0.74}}; r = 0.73. \quad (24)$$

За цією формулою виконані перевірі розрахунки. Середнє відхилення розрахункових модулів стоку $q_{1\%}$ (м³/с км²) від вихідних даних знаходиться у межах 99.9% що є досить наближеним за точністю результатом, оскільки середньоквадратична похибка вихідної інформації по максимальному стоку річок дорівнює $\pm 24.5\%$, Більші можливості урахування стокоформувальних факторів відносяться до структури (5), у якій крім площі водозбору входить і шар стоку. На

рис.2 показана залежність $\lg \frac{q_{1\%}}{Y_{1\%}} = f[\lg(F + 1)]$, а її рівняння має такий вигляд

$$q_{1\%} = \frac{0.29 \cdot Y_{1\%}}{(F + 1)^{0.59}}; r = 0.69 \quad (25)$$

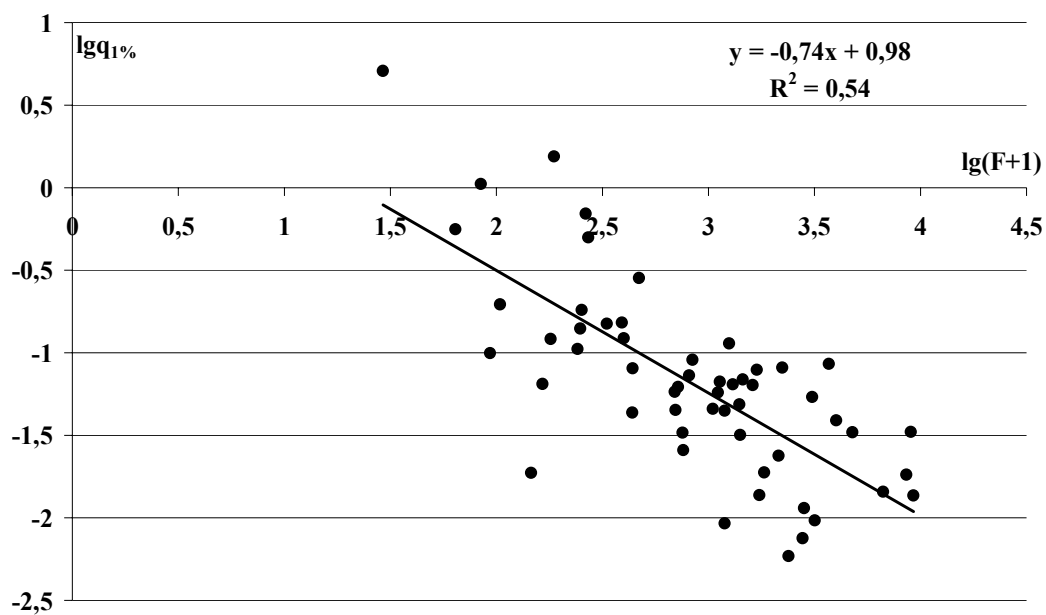


Рис. 1. Залежність $\lg q_{1\%} = f[\lg(F + 1)]$ для річок Півдня України

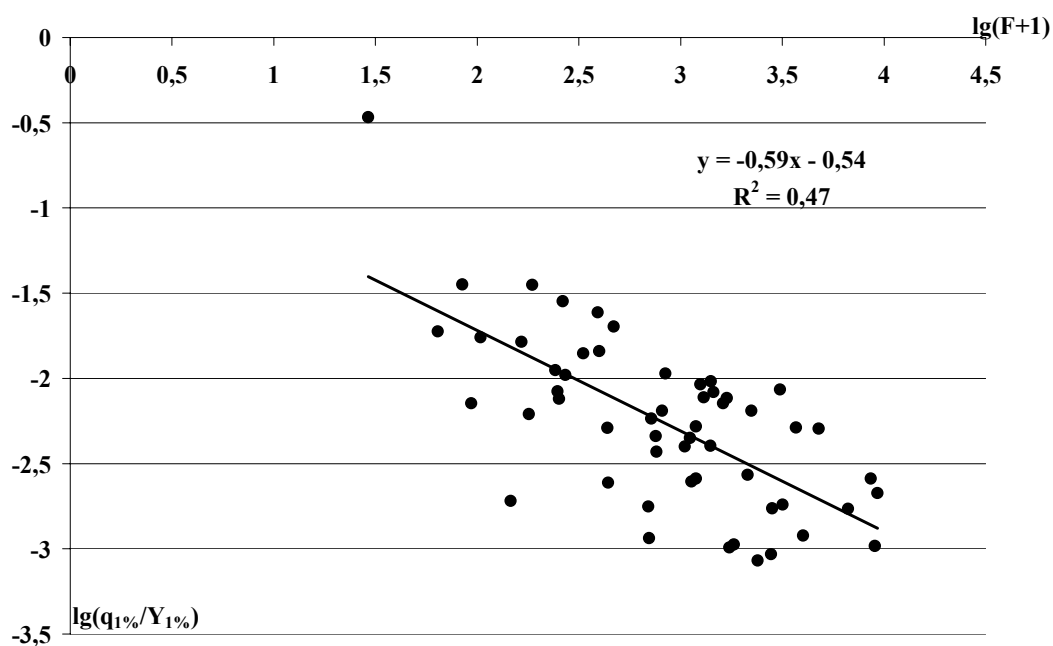


Рис. 2. Залежність $\lg \frac{q_{1\%}}{Y_{1\%}} = f[\lg(F + 1)]$ для річок Півдня України

Привертає увагу суттєве зниження інтенсивності редукції в структурі (25), порівняно з (24). Середнє відхилення розрахункових значень $q_{1\%}$ від вихідних величин становить $\pm 84.9\%$.

Коефіцієнти кореляції рівнянь (24) і (25) майже співпадають, що дає підставу дійти висновку про відсутність покращення результатів завдяки залученню такої важливої характеристики максимального стоку паводків, як шар стоку.

Висновки. Не зважаючи на те, що редукційні формули, завдяки своїй простоті, отримали досить поширене використання, авторами статті доведено, що їх структура не є оптимальною. На прикладі максимального стоку дощових паводків в басейнах річок Півдня України показано, що обидві спрощені структури

не забезпечують належної точності. Причина полягає в тому, що коефіцієнт схилової трансформації дощових паводків на розглядуваній території не залишається постійним, а залежить від географічного положення водозборів.

Для надійних визначень розрахункових характеристик паводкового стоку на Півдні України необхідні більш досконалі теоретичні моделі, ніж редукційні формули.

Список літератури

1. Соколовский Д.Л. Речной сток / Д.Л. Соколовский. – Л. : Гидрометеиздат, 1968. – 538 с. 2. Воскресенский К. Л. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках / К. Л. Воскресенский. – Л. : Гидрометеиздат, 1956. – 467 с. 3. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л. : Гидрометеиздат, 1973. – 111 с. 4. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – 447 с. 5. Гопченко Е. Д.. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности / Е. Д. Гопченко, М. Е. Романчук. – К. : КНТ, 2005. – 148 с.

Особенности застосування редукційних формул максимального стоку річок

Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Кічук Н.С.

Розглядаються різні структурні варіанти редукційних формул максимального стоку та можливості їх застосування для нормування розрахункових характеристик.

Ключові слова: максимальний стік, паводки, водопілля, нормування розрахункових характеристик

Особенности применения редукционных формул максимального стока рек

Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Кичук Н.С.

Рассматриваются различные структурные варианты редукционных формул максимального стока и возможности их применения для нормирования расчетных характеристик.

Ключевые слова: максимальный сток, паводки, половодья, нормирование расчетных характеристик.

Application features of reduction formulas of maximum runoff of rivers

Gopchenko E.D., Ovcharuk V.A., Kichuk N.S.

The various structural variants of reduction formulas of maximum runoff and their applicability for normalization of the design characteristics are considered in this work.

Keywords: maximum runoff, floods, spring floods, regulation of the design characteristics.

Надійшла до редколегії 11.01.2013

УДК 556.166

Чорноморець Ю.О., Лук'янець О.І.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

СХЕМИ РОЗРАХУНКУ РОЗПОДІЛУ СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ р. ПРИП'ЯТЬ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ 2009-2012 РР.

Ключові слова: весняне водопілля, об'єми води, розподіл стоку, типізація гідрографів стоку

Актуальність дослідження. Довгостроковий прогнозування основних характеристик весняного водопілля – об'єму або шару стоку та максимальної витрати води – має значний інтерес для багатьох споживачів водних ресурсів. Однак для вирішення цілого ряду практичних завдань щодо ефективного та раціонального використання водних ресурсів великих річок та водосховищ, окрім

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

перерахованих вище характеристик, важливим є передбачення з великою завчасністю можливих сценаріїв розподілу стоку води протягом всього періоду водопілля з виходом на дати настання максимумів. Особливо актуальні такі прогнози при оптимальному управлінні роботою системою водосховищ комплексного призначення, при вирішенні питань про попуски води через водопропускні споруди, при регулюванні стоку, а також при визначенні можливих зон затоплення.

Метою дослідження є аналіз і перевірка розроблених схем типізації гідрографів стоку весняного водопілля р. Прип'ять та оцінка ефективності їх застосування у завданнях довгострокового прогнозу його розподілу.

Методичні підходи до оцінки розподілу весняного стоку в часі. Визначення типових схем гідрографів весняного стоку проводиться виходячи із загальної закономірності формування гідрографу водопілля з урахуванням фізико-географічних особливостей конкретного річкового басейну, тобто на основі даних гідрометричних спостережень за досить тривалий ряд років. Знаходження найбільш прийнятної схеми, переважно, відбувається за величиною сумарного об'єму стоку періоду весняного водопілля[1-3]. Згідно з попередніми розрахунками, схема розподілу весняного стоку для р. Прип'ять, що побудована осередненням залежно від величини забезпеченості об'єму стоку, не задовольняє вимог до точності у прогнозних розрахунках та вимагає обов'язкових додаткових їх уточнень. Це пов'язане з особливостями формування річкового стоку даного басейну, зокрема географічним положенням р. Прип'ять, тобто з її розташуванням у зоні достатньої зволоженості, що призводить до формування чітко вираженого весняного водопілля; а також, значне широтне простягання басейну, що, в свою чергу, визначає відносну синхронність початку процесів сніготанення на різних ланках гідрографічної мережі. Тому в даній роботі проводилася апробація та перевірка, крім зазначеної вище схеми розподілу, також й іншої групи схем типових гідрографів весняного стоку р. Прип'ять, в яких опосередковано враховуються терміни початку водопілля. Суть такого підходу зводиться до використання, у якості основної характеристики, внеску першої пентади березня у загальний об'єм стоку за весняний сезон, вираженого у % або у частках від одиниці. Особливістю запропонованої безрозмірної характеристики є її обернено пропорційна залежність від дати початку водопілля, тобто, чим менший відсоток стоку першої пентади весни, тим пізніші строки проходження водопілля й навпаки. Основними перевагами такого підходу є чітко визначені часові межі, незалежно від початку водопілля; та вища точність розрахунків.

Основні результати. Узагальнення проводяться за даними гідрологічного поста м. Мозир, оскільки він достатньою мірою характеризує водність нижньої течії Прип'яті та має найбільш тривалий період спостережень. Наявність такого періоду є фактично головною умовою, що повинна виконуватися для коректного визначення оптимальних схем розподілу водопілля.

Для великих річок, що мають полізональні умови формування річкового стоку у більшості випадків з метою отримання типового розподілу обчислюються багаторічні характеристики весняного стоку, який представляють у вигляді відносних величин пентадного, декадного та місячного стоку за відповідний відрізок часу [1–3]. Такий підхід також реалізований нами на прикладі р. Прип'ять. Тобто, за весь період спостережень проведено ранжування водопіль за загальним об'ємом стоку весняного стоку, отриману таким чином амплітуду поділено на 10 інтервалів та осереднено відповідні схеми, залежно від водності водопілля. Результати розрахунків занесені до таблиць 1-5 (4 стовпчик) разом із зазначенням інтервалу ймовірності, до якого потрапило водопілля конкретного року, залежно від його сумарного об'єму. Для підбору року-аналогу серед всього набору схем, що

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

відносяться до даного інтервалу забезпеченості підбираються найбільш близькі, залежно від відсотку внеску першої пентади березня у загальний об'єм стоку водопілля (стовпчики 7-9 табл. 1-5).

Більш детально зупинимося на розроблених, саме для басейну Прип'яті, методичних підходах визначення оптимальної схеми розподілу весняного стоку у часі, який реалізується через оцінку початку водопілля. Зважаючи на те, що обчислення проводяться для чітко визначеного календарного періоду, основною характеристикою, яка описує початок водопілля вважається відсоток внеску об'єму стоку першої пентади березня до загального об'єму стоку за весну, яка певною мірою пов'язана з умовами початку водопілля. Для визначення та уточнення відсотку першої пентади березня на час випуску прогнозу можна використати два підходи: або за залежністю на рис. 1 перейти до неї в залежності від дати початку водопілля, або обчислити її через сумарний об'єм стоку за першу пентаду березня (рис. 2).

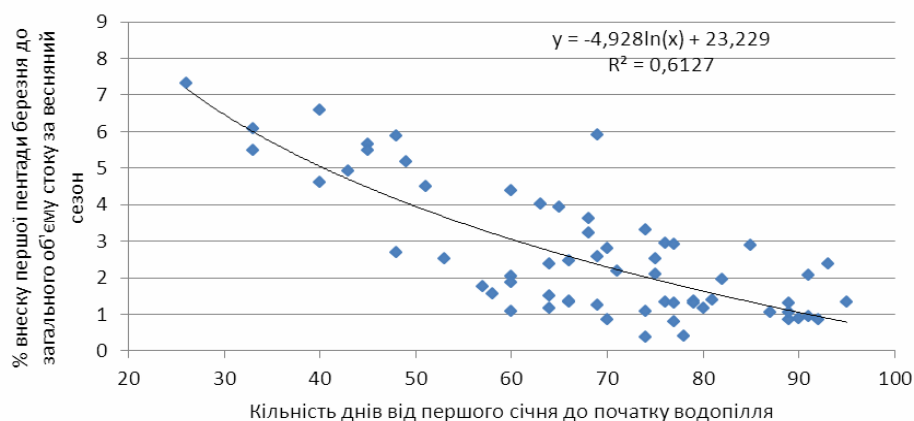


Рис.1. Залежність між відсотком внеску першої пентади березня у загальний об'єм стоку за весняний сезон та терміном початку весняного водопілля р.Прип'ять – м.Мозир

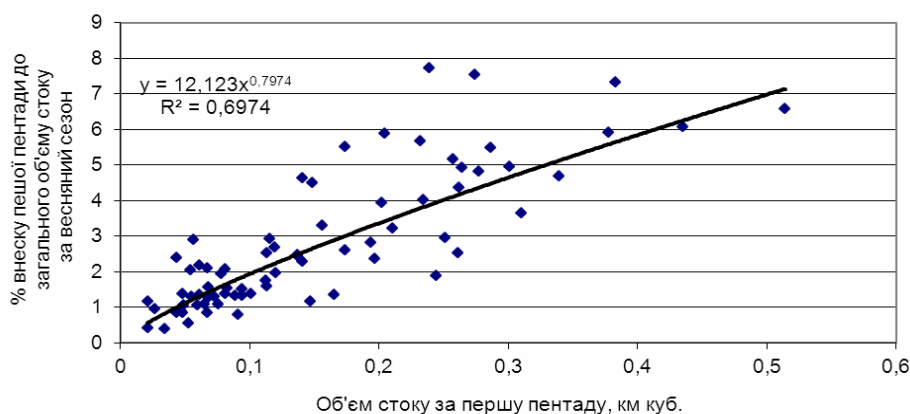


Рис.2. Залежність між об'ємом стоку за першу пентаду березня та відсотком її внеску у загальний об'єм стоку за весняний сезон р. Прип'ять – м. Мозир, за даними 1936-2009 рр.

У свою чергу, об'єм стоку за першу пентаду березня визначається або за реальними даними (стовпчик 6, табл.1-5) або за їх відсутності, опосередковано, через достатньо тісний зв'язок (коефіцієнт апроксимації $R^2 = 0,915$) із максимальною витратою у лютому з (рис. 3) (стовпчик 13, табл.1-5).

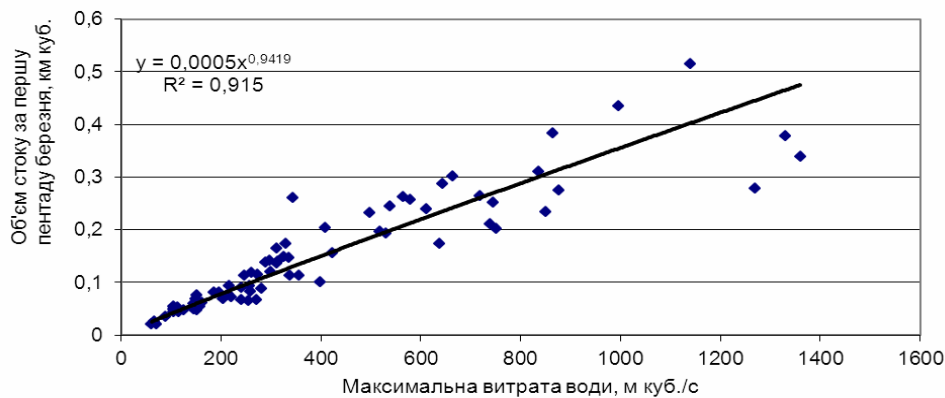


Рис.3. Залежність між об'ємом стоку за першу пентаду березня та максимальною витратою у лютому р. Прип'ять – м. Мозир, за даними 1936-2009 рр.

Треба відмітити, що досить інформативними характеристиками, але із менш тісним зв'язком, для попередньої оцінки об'єму стоку за першу пентаду березня (y) виявилися наступні (x): максимальна витрата води за січень $y = 962216x^{0,8412}$ ($R^2 = 0,53$) (табл.1-5, стовпчик 10); сумарний об'єм стоку за січень $y = 0,001x^{0,8412}$ ($R^2 = 0,53$) (стовпчик 11); сумарний об'єм стоку за лютий $y = 0,2001x^{0,9982}$ ($R^2 = 0,85$) (стовпчик 12).

За величиною внеску першої пентади березня у загальний об'єм стоку за весняний сезон проведено ранжирування всього комплексу схем за період 1936–2009 рр. Отриману таким чином амплітуду коливань поділено через 1% та проведена типізація як результат осереднення ординат гідрографів, що потрапили до певного інтервалу. Маючи внесок об'єму стоку першої пентади березня у загальний об'єм стоку весняного сезону за розробленими ординатами обирається осереднена схема розподілу стоку протягом весняного сезону. Ефективність застосування такого підходу в загальному за період 1936–2009 рр. достатньо висока. Коефіцієнт парної кореляції між обчисленими пентадними об'ємами за осередненими схемами розподілу весняного стоку та фактичними у 29% більше 0,87, у 58% – 0,60–0,86 і лише у 13% ефективність застосування була незадовільна.

Таким чином, розглянемо особливості застосування кожного із описаних вище підходів щодо водопіль 2009-2012 рр. на р. Прип'ять – м. Мозир, та запропонуємо певні варіанти розподілу стоку на весняне водопілля поточного 2013 року.

2009 рік. Весняне водопілля 2009 року відносно загального об'єму стоку характеризується забезпеченістю, близькою до середньої багаторічної (стовпчик 5 табл. 1), осереднений багаторічний розподіл виявився неефективним для визначення ординат гідрографу стоку. Досить показовим для розуміння особливостей застосування років-аналогів є саме приклад водопілля 2009 р. Так, усі запропоновані у якості аналогів роки, характеризувалися близькими за величинами загальних об'ємів стоку та початками водопілля, однак, як бачимо, для 2008 та 1975 рр. коефіцієнт кореляції має навіть від'ємне значення, тобто тут існує зворотнопропорційна залежність із реальним гідрографом, тоді як водопілля 1959 р. має найбільшу відповідність із 2009 р. та має задовільну оцінку якості прогнозу. Цей приклад досить наочно свідчить, що підбір аналогів за подібних умов водності водопілля, може призводити до діаметрально протилежних результатів. Основною причиною такої невідповідності є неможливість на час випуску довгострокового прогнозу гідрографу весняного стоку врахувати розподілу та кількості атмосферних опадів на період завчасності прогнозу.

**Таблиця 1. Схеми розрахунку розподілу стоку весняного водопілля
р. Прип'ять – м. Мозир у 2009 р. в частках від загального стоку за весняний сезон**

№	Дата *	Дійс. розпо діл	40- 50%	1936- 2009	W_I^{**}	Рік-аналог			Січень		Лютий	
						2008	1975	1959	$Q_{\text{сер}}$	$Q_{\text{мак}}$	$Q_{\text{сер}}$	$Q_{\text{мак}}$
1	01.03.	4,94	3,34	2,6	4,61	4,81	4,69	4,38	2,48	2,48	3,52	3,52
2	06.03.	5,44	3,79	2,97	5,24	4,55	4,65	5,6	3,15	3,15	3,62	3,62
3	11.03.	5,97	4,68	3,4	5,97	4,52	4,61	5,96	3,66	3,66	4,53	4,53
4	16.03.	5,85	5,69	3,87	6,21	4,55	4,42	5,9	4,10	4,10	5,42	5,42
5	21.03.	5,79	6,22	4,45	6,26	4,6	4,18	6,73	4,87	4,87	6,3	6,3
6	26.03.	7,22	7,81	6,45	7,77	5,64	4,83	9,99	7,33	7,33	8,75	8,75
7	01.04.	6,26	6,70	6,4	6,41	4,71	3,89	7,96	6,8	6,8	7,63	7,63
8	06.04.	6,38	7,00	7,27	6,19	4,70	3,76	7,33	7,10	7,10	7,51	7,51
9	11.04.	6,44	7,13	7,71	5,87	4,74	3,66	6,52	7,43	7,43	7,13	7,13
10	16.04.	6,32	6,87	7,98	5,56	4,9	3,88	5,82	7,42	7,42	6,59	6,59
11	21.04.	6,07	6,42	8,01	5,4	5,19	4,89	5,44	7,25	7,25	6,15	6,15
12	26.04.	5,70	6,04	7,44	5,45	5,46	7,36	5,03	6,89	6,89	5,71	5,71
13	01.05.	5,30	5,75	6,64	5,57	5,96	9,88	4,66	6,32	6,32	5,36	5,36
14	06.05.	4,93	5,30	5,86	5,37	6,47	9,9	4,33	5,77	5,77	4,97	4,97
15	11.05.	4,56	4,79	5,24	4,93	6,98	7,93	4,02	5,29	5,29	4,59	4,59
16	16.05.	4,32	4,36	4,74	4,54	7,13	6,38	3,67	4,82	4,82	4,22	4,22
17	21.05.	4,04	3,93	4,31	4,16	6,98	5,33	3,28	4,42	4,42	3,87	3,87
18	26.05.	4,47	4,18	4,66	4,49	8,11	5,76	3,38	4,9	4,9	4,13	4,13
r		-	0,84	0,5	0,89	-0,72	-0,5	0,92	0,57	0,57	0,85	0,85
s / σ_A		-	0,54	1,10	0,29	1,32	1,80	0,52	0,94	0,94	0,65	0,65
P		-	83	44	100	17	11	83	50	50	67	67

Примітка: дата * - дата початку відповідної пентади; W_I^{**} – розподіл стоку за весняний сезон за дійсною величиною стоку за першу пентаду березня.

Серед всієї сукупності запропонованих схем найбільш близькими до фактичного розподілу є схеми, визначені за реальним об'ємом стоку першої пентади березня, які мають добру оцінку як за співвідношенням S/σ_A , так і за величиною забезпеченості допустимих похибок P (табл. 1). Схеми, підібрані за об'ємом весняного водопілля та за даними про стік води у лютому характеризуються задовільною оцінкою.

2010 рік. Весняне водопілля 2010 р. є максимально наближеним до середнього багаторічного розподілу весняного стоку (табл. 2). Порівняння фактичної схеми розподілу стоку та схем, обчислених з використанням запропонованих підходів свідчить, що найбільш прийнятними, в даному випадку є використання відомостей про стік за лютий та визначення схеми через дійсну величину стоку першої пентади березня. Однак навіть такий підхід характеризується лише задовільною оцінкою за співвідношенням S/σ_A та P . Відносно використання років-аналогів можна лише відмітити її недоцільність у даному випадку.

2011 рік. Весняне водопілля 2011 року визначається досить раннім початком та значним сумарним об'ємом стоку. Поєднання вказаних двох факторів призводить до певного розпластування хвилі водопілля, особливо за відсутності значної кількості рідких атмосферних опадів у період сніготанення (табл. 3).

Водопілля 2011 року найбільш повно описується запропонованими схемами, оскільки є досить типовим для басейну річки Прип'ять. Це стосується як розподілів, визначених за даними про водність у січні та у лютому (через середній та максимальний стік), так і за даними першої пентади, оскільки всі ці прогнози мають добру оцінку. Хоча прогнозна оцінка розподілу за об'ємом весняного стоку є незадовільною. Відносно років-аналогів, знову ж таки можна відмітити, як значну складність у їх підборі, так і невисоку якість отриманого таким чином прогнозу.

**Таблиця 2 Схеми розрахунку розподілу стоку весняного водопілля
р. Прип'ять – м. Мозир у 2010 р. в частках від загального стоку за весняний сезон**

№	Дата *	Дійс. розп оділ	10- 20%	1936- 2009	W_I^{**}	Рік-аналог			Січень		Лютий	
						1955	1994	2003	$Q_{сер}$	Q_{max}	$Q_{сер}$	Q_{max}
1	01.03.	1,91	3,26	2,6	1,4	1,96	2,37	1,94	3,52	3,53	2,49	2,49
2	06.03.	1,94	3,23	2,97	1,55	1,81	2,75	1,91	3,62	3,62	3,15	3,15
3	11.03.	2,42	3,4	3,4	1,92	1,69	3,44	2,11	4,53	4,53	3,66	3,66
4	16.03.	2,76	4,12	3,87	2,6	1,62	4,73	2,58	5,42	5,42	4,10	4,10
5	21.03.	3,68	5,31	4,45	3,39	1,74	7,73	3,15	6,3	6,3	4,86	4,87
6	26.03.	8,14	8,11	6,45	5,84	3,19	11,05	5,77	8,75	8,75	7,33	7,32
7	01.04.	8,66	7,18	6,4	6,44	4,83	8,81	6,00	7,63	7,63	6,80	6,80
8	06.04.	9,16	7,16	7,27	7,52	8,3	8,22	7,07	7,51	7,51	7,10	7,10
9	11.04.	8,9	6,7	7,71	8,44	11,47	7,42	7,85	7,13	7,13	7,43	7,43
10	16.04.	8,27	6,48	7,98	8,89	12,13	6,62	7,98	6,59	6,58	7,42	7,42
11	21.04.	7,41	7,85	8,01	8,73	10,56	5,84	7,81	6,15	6,15	7,25	7,25
12	26.04.	6,64	7,89	7,44	8,25	8,56	5,41	7,54	5,71	5,71	6,89	6,89
13	01.05.	5,98	6,96	6,64	7,37	7,00	4,98	7,11	5,36	5,36	6,32	6,32
14	06.05.	5,42	5,73	5,86	6,49	6,11	4,61	6,7	4,97	4,97	5,77	5,77
15	11.05.	5,05	4,79	5,24	5,8	5,44	4,29	6,33	4,59	4,59	5,29	5,29
16	16.05.	4,65	4,16	4,74	5,29	4,81	4,02	6,11	4,22	4,22	4,82	4,82
17	21.05.	4,26	3,72	4,31	4,83	4,25	3,7	5,77	3,87	3,87	4,42	4,42
18	26.05.	4,75	3,95	4,66	5,25	4,53	4,01	6,27	4,13	4,13	4,90	4,90
r		-	0,87	0,93	0,89	0,77	0,78	0,84	0,82	0,82	0,96	0,96
S/σ_Δ		-	0,90	0,76	0,84	1,57	1,15	0,96	1,07	1,07	0,74	0,74
P		-	44	61	71	50	44	44	39	39	61	61

Примітка: дата * - дата початку відповідної пентади; W_I^{**} - розподіл стоку за весняний сезон за дійсною величиною стоку за першу пентаду березня.

**Таблиця 3 Схеми розрахунку розподілу стоку весняного водопілля
р. Прип'ять – м. Мозир у 2011 р. в частках від загального стоку за весняний сезон**

№	Дата *	Дійс. розп оділ	10- 20%	1936- 2009	W_I^{**}	Рік-аналог			Січень		Лютий	
						1994	1956	2000	$Q_{сер}$	Q_{max}	$Q_{сер}$	Q_{max}
1	01.03.	3,72	3,26	2,60	3,53	2,37	0,85	6,58	3,53	3,53	4,61	3,53
2	06.03.	4,00	3,23	2,97	3,62	2,75	0,79	6,47	3,62	3,62	5,23	3,62
3	11.03.	4,53	3,40	3,40	4,53	3,44	0,73	6,22	4,53	4,53	5,97	4,53
4	16.03.	5,60	4,12	3,87	5,42	4,73	0,71	6,08	5,42	5,42	6,21	5,42
5	21.03.	7,15	5,31	4,45	6,30	7,73	0,70	6,05	6,30	6,30	6,26	6,30
6	26.03.	8,18	8,11	6,45	8,75	11,05	0,87	7,23	8,75	8,75	7,77	8,75
7	01.04.	7,22	7,18	6,40	7,63	8,81	0,89	5,79	7,63	7,63	6,41	7,63
8	06.04.	7,43	7,16	7,27	7,51	8,22	1,35	5,60	7,51	7,51	6,19	7,51
9	11.04.	7,28	6,70	7,71	7,13	7,42	2,60	5,65	7,13	7,13	5,87	7,13
10	16.04.	6,84	6,48	7,98	6,59	6,62	5,30	5,77	6,59	6,59	5,56	6,59
11	21.04.	6,17	7,85	8,01	6,15	5,84	15,92	5,97	6,15	6,15	5,40	6,15
12	26.04.	5,58	7,89	7,44	5,71	5,41	18,58	5,94	5,71	5,71	5,45	5,71
13	01.05.	5,20	6,96	6,64	5,36	4,98	15,78	5,54	5,36	5,36	5,57	5,36
14	06.05.	4,92	5,73	5,86	4,97	4,61	11,14	5,09	4,97	4,97	5,37	4,97
15	11.05.	4,42	4,79	5,24	4,59	4,29	7,85	4,59	4,59	4,59	4,93	4,59
16	16.05.	4,02	4,16	4,74	4,22	4,02	5,98	4,09	4,22	4,22	4,54	4,22
17	21.05.	3,71	3,72	4,31	3,87	3,69	4,99	3,65	3,87	3,87	4,16	3,87
18	26.05.	4,04	3,95	4,66	4,13	4,01	4,98	3,71	4,13	4,13	4,49	4,13
r		-	0,79	0,67	0,98	0,95	-0,15	0,50	0,98	0,98	0,84	0,98
S/σ_Δ		-	0,78	0,96	0,22	0,72	4,54	0,94	0,22	0,22	0,64	0,22
P		-	67	39	100	72	6	50	100	100	72	100

Примітка: дата * - дата початку відповідної пентади; W_I^{**} - розподіл стоку за весняний сезон за дійсною величиною стоку за першу пентаду березня

2012 рік. Весняне водопілля 2012 року значно відрізнялося за особливостями перебігу від звичайних схем, оскільки розпочалося після сніго-дощового паводку за умови значного виснаження ґрунтових вод, про що свідчить дуже низька мінімальна зимова витрата, близько 100 м³/с. Через це значна частина вологи була витрачена на зволоження та затримання у ґрунті, після чого форма гідрографа була дуже розтягнутою.

Прогнозні схеми водопілля 2012 року мають найгіршу оцінку якості перевірочних прогнозів (табл. 4). Задовільними можна визнати лише схеми за середньою витратою води січня та за реальним об'ємом стоку першої пентади березня. Всі решта схем оцінюються як незадовільні.

Таблиця 4. Схеми розрахунку розподілу стоку весняного водопілля р. Прип'ять – м. Мозир у 2012 р. в частках від загального стоку за весняний сезон

№	Дата *	Дійс. розп. оділ	70-80%	1936-2009	W_I^{**}	Рік-аналог			Січень		Лютий	
						1980	2003	-	$Q_{\text{сер}}$	$Q_{\text{мак}}$	$Q_{\text{сер}}$	$Q_{\text{мак}}$
1	01.03.	2,04	2,21	2,6	2,49	2,06	1,94		2,49	1,4	1,4	1,4
2	06.03.	2,40	2,33	2,97	3,15	1,99	1,91		3,15	1,55	1,55	1,55
3	11.03.	2,88	2,42	3,4	3,66	1,94	2,11		3,66	1,92	1,92	1,92
4	16.03.	4,00	2,51	3,87	4,1	1,85	2,58		4,1	2,6	2,6	2,6
5	21.03.	5,75	2,85	4,45	4,87	1,76	3,15		4,87	3,39	3,39	3,39
6	26.03.	7,22	4,79	6,45	7,33	2,14	5,77		7,33	5,84	5,84	5,84
7	01.04.	6,16	5,15	6,4	6,8	2,53	6,00		6,8	6,44	6,44	6,44
8	06.04.	6,2	6,04	7,27	7,1	4,34	7,07		7,1	7,52	7,52	7,52
9	11.04.	6,19	7,21	7,71	7,43	5,27	7,85		7,43	8,44	8,44	8,44
10	16.04.	6,17	8,05	7,98	7,42	6,86	7,98		7,42	8,89	8,89	8,89
11	21.04.	6,32	8,6	8,01	7,25	9,12	7,81		7,25	8,73	8,73	8,73
12	26.04.	6,49	8,77	7,44	6,89	10,5	7,54		6,89	8,25	8,25	8,25
13	01.05.	6,57	7,96	6,64	6,32	9,61	7,11		6,32	7,37	7,37	7,37
14	06.05.	6,57	7,17	5,86	5,77	8,91	6,7		5,77	6,49	6,49	6,49
15	11.05.	6,52	6,55	5,24	5,29	8,35	6,32		5,29	5,8	5,8	5,8
16	16.05.	6,4	5,99	4,74	4,82	7,71	6,11		4,82	5,28	5,28	5,28
17	21.05.	5,97	5,49	4,31	4,42	7,14	5,77		4,42	4,83	4,83	4,83
18	26.05.	6,17	5,91	4,66	4,9	7,9	6,27		4,9	5,25	5,25	5,25
r		-	0,77	0,76	0,81	0,61	0,86		0,81	0,82	0,82	0,82
S/σ_Δ		-	1,03	0,84	0,70	1,84	0,82		0,70	1,09	1,09	1,09
P		-	50	44	67	28	61		67	39	39	39

Примітка: дата * - дата початку відповідної пентади; W_I^{**} - розподіл стоку за весняний сезон за дійсною величиною стоку за першу пентаду березня

2013 рік. Станом на початок березня, тобто на момент подачі статті до друку про розвиток водопілля 2013 року відомо, що воно, знову ж таки, має досить ранній початок, що призведе до певного розтягнення його хвилі у часі за досить значного прогнозного сумарного об'єму стоку, близько 10-20% забезпеченості, що дозволяє у якості аналогу запропонувати 1981 рік (табл. 5) Однак надійність використання аналогів ми все ж таки ставимо під сумнів.

Особливістю водопілля 2013 р. є значна невідповідність між початком водопілля, визначеним за особливостями лютого, та початком за реальною пентадою. Другий варіант є більш точним і саме його ми рекомендуємо.

За даними про водність січня пропонується схема більш пізнього водопілля, тоді як за лютим вона уточнюється до більш раннього на 1% внеску першої пентади. Якщо за схемою стовпчиків 12,13 табл. 5 підставити прогнозований стік. Отримаємо максимальну витрату води за пентаду близько 1500 м³/с у період від 26 до 31 березня. Абсолютний максимум, зрозуміло, буде вищим. Ефективність такого прогнозу можна буде перевірити у червні поточного року.

Таблиця 5 Схеми розрахунку розподілу стоку весняного водопілля р. Прип'ять – м. Мозир у 2013 р. в частках від загального стоку за весняний сезон

№	Дата *	Дійс. розп оділ	10-20%	1936-2009	W_I^{**}	Рік-аналог			Січень		Лютий	
						1981	2000	1948	$Q_{\text{сер}}$	$Q_{\text{мах}}$	$Q_{\text{сер}}$	$Q_{\text{мах}}$
1	01.03.		3,26	2,6	5,6	3,64	6,58	5,92	2,49	2,49	3,53	3,53
2	06.03.		3,23	2,97	5,82	3,64	6,47	5,33	3,15	3,15	3,62	3,62
3	11.03.		3,40	3,4	6,19	4,34	6,22	6,08	3,66	3,66	4,53	4,53
4	16.03.		4,12	3,87	6,49	6,59	6,08	6,95	4,1	4,1	5,42	5,42
5	21.03.		5,31	4,45	6,64	8,01	6,05	7,49	4,87	4,87	6,29	6,29
6	26.03.		8,11	6,45	7,91	11,2	7,22	8,27	7,33	7,33	8,75	8,75
7	01.04.		7,18	6,4	6,53	9,42	5,79	7,09	6,79	6,79	7,63	7,63
8	06.04.		7,16	7,27	6,4	8,63	5,60	7,36	7,1	7,1	7,51	7,51
9	11.04.		6,70	7,71	6,19	7,28	5,65	7,27	7,43	7,43	7,13	7,13
10	16.04.		6,48	7,98	5,98	5,99	5,77	6,56	7,42	7,42	6,59	6,59
11	21.04.		7,85	8,01	5,73	5,13	5,97	5,75	7,25	7,25	6,15	6,15
12	26.04.		7,89	7,44	5,49	4,49	5,94	5,19	6,89	6,89	5,71	5,71
13	01.05.		6,96	6,64	5,15	4,11	5,54	4,62	6,32	6,32	5,36	5,36
14	06.05.		5,73	5,86	4,77	3,82	5,09	4,04	5,77	5,77	4,97	4,97
15	11.05.		4,79	5,24	4,32	3,59	4,59	3,5	5,29	5,29	4,59	4,59
16	16.05.		4,16	4,74	3,83	3,35	4,09	3,04	4,82	4,82	4,22	4,22
17	21.05.		3,72	4,31	3,37	3,19	3,64	2,68	4,42	4,42	3,87	3,87
18	26.05.		3,95	4,66	3,59	3,59	3,71	2,86	4,9	4,9	4,13	4,13

Примітка: дата * - дата початку відповідної пентади; W_I^{**} - розподіл стоку за весняний сезон за дійсною величиною стоку за першу пентаду березня

Висновки. Схеми розрахунку розподілу стоку весняного водопілля р. Прип'ять оцінюються у вигляді ординат гідрографу через частки від загального стоку за весняний сезон. Щодо до довгострокового його прогнозування, то вибір схеми розрахунку (або попередньої оцінки) залежить від об'єму стоку за весну, який в більшості випадків прогнозується до початку або з початком сніготанення, а також, що є особливістю для Прип'яті, визначається умовами початку самого водопілля, що було враховано через внесок відсотку першої пентади березня у загальний об'єм стоку за весняний сезон. Але треба підкреслити, що сама форма гідрографу весняного водопілля в багато у чому залежить від факторів, які на момент випуску прогнозу ще не відомі. Це й температурний режим на період завчасності прогнозу, й кількості опадів під час сніготанення. Саме вони вносять певні корективи у перебіг стоку навесні.

Оцінка перебігу весняного стоку за період 2009-2012 роки на р. Прип'ять за розробленими схемами його розподілу, показала, що для цього басейну застосування підходу типізації гідрографів весняного стоку лише за групами водності в певних інтервалах ймовірностей перевищення не досить ефективні в завданнях прогнозування у зв'язку з тим, що варіація строків початку водопілля досить велика. Інший запропонований підхід, який полягає у виборі характерної схеми розподілу весняного стоку у часі через оцінку початку водопілля, як визначальної ознаки, дав добрі результати.

Список літератури

1. Аполлов Б. А. Курс гидрологических прогнозов / Аполлов Б. А., Калинин Г. П., Комаров В. Д. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 420 с. 2. Бефани Н. Ф. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам / Н. Ф. Бефани, Г. П. Калинин. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – С. 159-185. 3. Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 246 с.

Схеми розрахунку розподілу стоку весняного водопілля р. Прип'ять та оцінка ефективності їх застосування на прикладі 2009-2012 рр.

Чорноморець Ю. О., Лук'янець О. І.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

Розглянуто схеми розрахунку розподілу весняного стоку в часі на р. Прип'ять біля м. Мозир, які запропоновані на основі типізації гідрографів весняного стоку за рядом ознак, що характеризують особливості розвитку процесів його формування. З метою подальшого використання цих схем розрахунку для довгострокового прогнозування гідрографу весняного стоку р. Прип'ять проведено апробацію розроблених підходів та оцінку ефективності їх застосування на прикладі весняних сезонів за період з 2009 по 2012 рр.

Ключові слова: весняне водопілля, об'єми води, розподіл стоку, типізація гідрографів стоку.

Схемы расчета распределения стока весеннего половодья р. Припять и оценка эффективности их использования на примере 2009-2012 гг.

Чорноморець Ю.А., Лукьянец О.И.

Рассмотрены схемы расчета распределения весеннего стока во времени на р. Припять у г. Мозыря, предложенные на основе типизации гидрографов весеннего стока по ряду признаков, которые характеризуют особенности развития процессов его формирования. С целью дальнейшего использования этих схем расчета для долгосрочного прогноза гидрографа весеннего стока р. Припять, проведена апробация разработанных подходов та оцінена ефективність їх використання на прикладі весняних сезонів за період з 2009 по 2012 гг.

Ключевые слова: весеннее половодье, объемы воды, распределение стока, типизация гидрографов стока.

Scenario of flow distribution spring flood calculating for r. Pripyat and evaluation of effectiveness their use on the example in 2009-2012 years

Chornomorets J.A, Lukyanets O.I.

Schemes for calculating the distribution of spring runoff in time for the gauging station Pripyat - Mozyr were considered. These proposed schemes based on types of spring runoff hydrograph for a number of features that characterize the peculiarities of the process of their formation. The approbation of the developed approaches was fulfilled and the effectiveness for using was assessed as an example spring seasons from 2009 to 2012 in order to use these calculation schemes for long-term forecast of the spring runoff hydrograph.

Keywords: spring flood, volume of runoff, runoff distribution, types of spring runoff hydrograph.

Надійшла до редколегії 06.02.2013

УДК 556.04

Іванова Н.О¹., Настюк М.Г.², Нікоряк В.В.¹

¹Чернівецький обласний центр з гідрометеорології,

²Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ТА ГІДРАВЛІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОТОКІВ

(на прикладі річок басейнів верхнього Пруту та Сирету)

Ключові слова: річка, швидкість течії, ультразвук, ефект Доплера, гідрометричний млинок

Актуальність дослідження. В сучасних умовах розвитку господарського комплексу актуальним є володіння достовірною інформацією про параметри навколишнього природного середовища, а також можливості оперативної обробки та представлення отриманої інформації. Спостереження за поверхневими водами є однією із складових частин моніторингу водного середовища. Якщо поглянути на карту населених пунктів, то можемо помітити чітку залежність їх розташування біля поверхневих водотоків. Вода відігравала і відіграє важливу роль у розвитку людського суспільства.

Під час своєї господарської діяльності людина змінює природні умови у водному середовищі, тому актуальним є проведення широкомасштабного

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

моніторингу поверхневих водотоків, особливо на ділянках значного антропогенного навантаження. Негативні наслідки на заплаві та в руслах річок посилюються при розвитку руслових деформацій після виконання берегоукріплюючих заходів; при горизонтальних та вертикальних деформаціях русла, які викликані забором піщано-гравійної суміші із заплави та русел річок, особливо якщо це відбувається необґрунтовано, без урахування умов гідрологічного режиму.

Будь-яке проектування та будівництво гідротехнічних, протипаводкових берегозахисних споруд, автодорожніх шляхів сполучення чи інших об'єктів господарської діяльності вимагає достовірної інформації щодо морфометричних та гідравлічних параметрів водотоку. Важливе значення при проведенні моніторингу поверхневих вод має інформація про функціонування системи "потік - русло".

Практика показує, що помилки, які можуть виникнути, залежать не від засобів вимірювання, а більшою мірою визначаються умовами середовища вимірювання, оскільки часто виникають нестандартні ситуації. Досить чітко такі ситуації проявляються у період підвищеної водності при проходженні весняного водопілля та швидкоплинних дощових паводків.

Результуючі швидкоплинні гідравлічні явища, можливості роз'єднаних потоків – це приклади основних проблем, що не передбачені методиками вимірювань [3].

На сьогоднішній день у більшості випадків вимірювання та оцінка гідравлічних та морфометричних характеристик, особливо під час водопілля та дощових паводків, проводиться непрямыми методами.

Прямі вимірювання параметрів потоку з використанням сучасних методів відзначаються більшою надійністю і можуть дозволити зафіксувати швидкоплинні гідравлічні явища у водному потоці [6].

Гідравлічні та морфометричні параметри вимірюються у водному потоці для вивчення їх змін, визначення витрати води, аналізу полів швидкостей та руслових деформацій, функціонування системи "потік - русло".

Аналіз попередніх досліджень. Вивчення можливостей проведення моніторингу поверхневих вод за допомогою сучасних методів вимірювання висвітлено у наукових публікаціях вчених. Серед робіт, що пов'язані з вивченням проблематики вимірювання гідравлічних характеристик можна виділити наукові праці Л. С. Мамонтової [1]. Сучасні методи вимірювання гідравлічних та морфометричних характеристик висвітлено на міжнародній науково-практичній конференції [3].

Питання використання сучасних методів вимірювання характеристик поверхневих водотоків з використанням ультразвукового, акустичного ефекту мають місце у багатьох наукових публікаціях [4, 6, 7].

Історія розвитку гідрометричної техніки, нові прилади картографування гідродинаміки річок, а також проблеми вимірювання доплерівськими витратомірами, верифікація отриманих результатів висвітлена у праці Мэриан Мате та ін. [2]. Розвиток вимірювання витрат води з використанням ультразвукових приладів розкрито у праці Takashi Arimatsu з співавторами [5]. Використання ультразвукового засобів вимірювання паводкового потоку показані у науковій публікації малоазійських вчених [8]. У роботі [9] за допомогою ультразвукового витратоміра проаналізовано розподіл швидкостей у потоці. Переваги вимірювання витрати води поверхневих водотоків з використанням безконтактних методів показано у публікації [10].

Мета та основні завдання. Інформація про морфометричні та гідравлічні параметри водного потоку є необхідною для проектування, реконструкції береукріплюючих, берегозахисних, водозабірних споруд, мостових переходів,

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

автодорожніх шляхів та малих гідроелектростанцій. Якість гідрологічної інформації відіграє важливу роль при виконанні вищевказаних робіт. Тому метою даного дослідження є аналіз можливостей використання сучасних методів вимірювання морфометричних та гідравлічних параметрів потоку.

Для реалізації поставленої перед нами мети необхідно вирішити наступні завдання: проаналізувати засоби вимірювальної техніки, що використовуються на річках басейнів Верхнього Пруту та Сирету для вимірювання морфометричних та гідравлічних характеристик поверхневих водотоків; виділити сучасні засоби вимірювальної техніки, які можуть бути використані для вимірювання на річках вказаних басейнів. На наступному етапі нашого дослідження необхідно порівняти результати вимірювань, що виконувались з використанням різних типів вимірювальних засобів, а саме гідрометричного млинка ГР–21М та ОТТ Qliner 2. На останньому етапі дослідження потрібно виділити основні переваги та недоліки ОТТ Qliner 2 та обґрунтувати можливість використання сучасних засобів вимірювання морфометричних та гідравлічних параметрів поверхневих водотоків. Перспективним з науково-практичної точки зору завданням є оцінка можливості використання ультразвукового витратоміра в умовах значного навантаження потоку наносами, сміттям та деревиною під час дощових паводків.

Виклад результатів дослідження. Морфометричні та гідравлічні характеристики поверхневих водотоків у басейнах Верхнього Пруту та Сирету вимірюються на гідрологічних постах, що знаходяться у підпорядкуванні Івано-Франківського та Чернівецького обласних центрів з гідрометеорології МНС України. Під час вимірювання витрат води розраховуються площа живого перерізу, середня та максимальна швидкість течії, ширина річки, середня та максимальна глибина водного потоку та витрата води.

Найбільш цікавими характеристиками водного потоку на наш погляд є швидкісні, оскільки розподіл поля швидкості при різних рівнях, пульсуючий їх характер відіграють важливу роль у визначенні витрат води та функціонуванні системи "потік - русло".

При меженних рівнях води витрати води вимірюються за допомогою гідрометричних млиноків ГР–21М та ГР–55М. Вимірювання виконуються вбрід, з човна та гідрометричних містків.

Під час проходження паводків виникають проблеми з вимірюваннями витрат води. Значні швидкості течії, а також густий корчок не дозволяють проводити інструментальні вимірювання параметрів водотоку. Витрати води під час паводків вимірюються переважно за допомогою поверхневих поплавків. Виміряні витрати води поверхневими поплавками не забезпечують необхідної точності.

В даних пунктах більшість гідрометричних установок було зруйновано у 80 – 90-х роках минулого століття, чим пояснюється недостатня висвітленість піків паводків в останні 20 – 30 років (рис. 1).

Враховуючи значні руслові переформування на ділянках гідрологічних спостережень, та відсутність інструментальних вимірювань значних паводкових витрат води, а також "теоретичність" розрахованих максимальних витрат може призвести до значних похибок.

Більшість засобів вимірювальної техніки, що використовується для вимірювання швидкостей течії поверхневих водотоків у басейнах річок Верхнього Пруту та Сирету, а саме гідрометричні млиники ГР–21М та ГР–55 М, були випущені у 60–70-х роках минулого століття. За останні 30–40 років вони фізично і морально застаріли, тому виникає необхідність у пошуках нових засобів вимірювання.

За останні 20–30 років у гідрологічних дослідженнях досить широкої популярності набуває використання сучасних стаціонарних та мобільних засобів вимірювання морфометричних та гідравлічних параметрів водотоку, до яких слід

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

віднести сучасні гідрометричні та магнітно-індуктивні млинки, які використовуються як на стаціонарних гідрометричних установках так і при польових, експедиційних роботах.

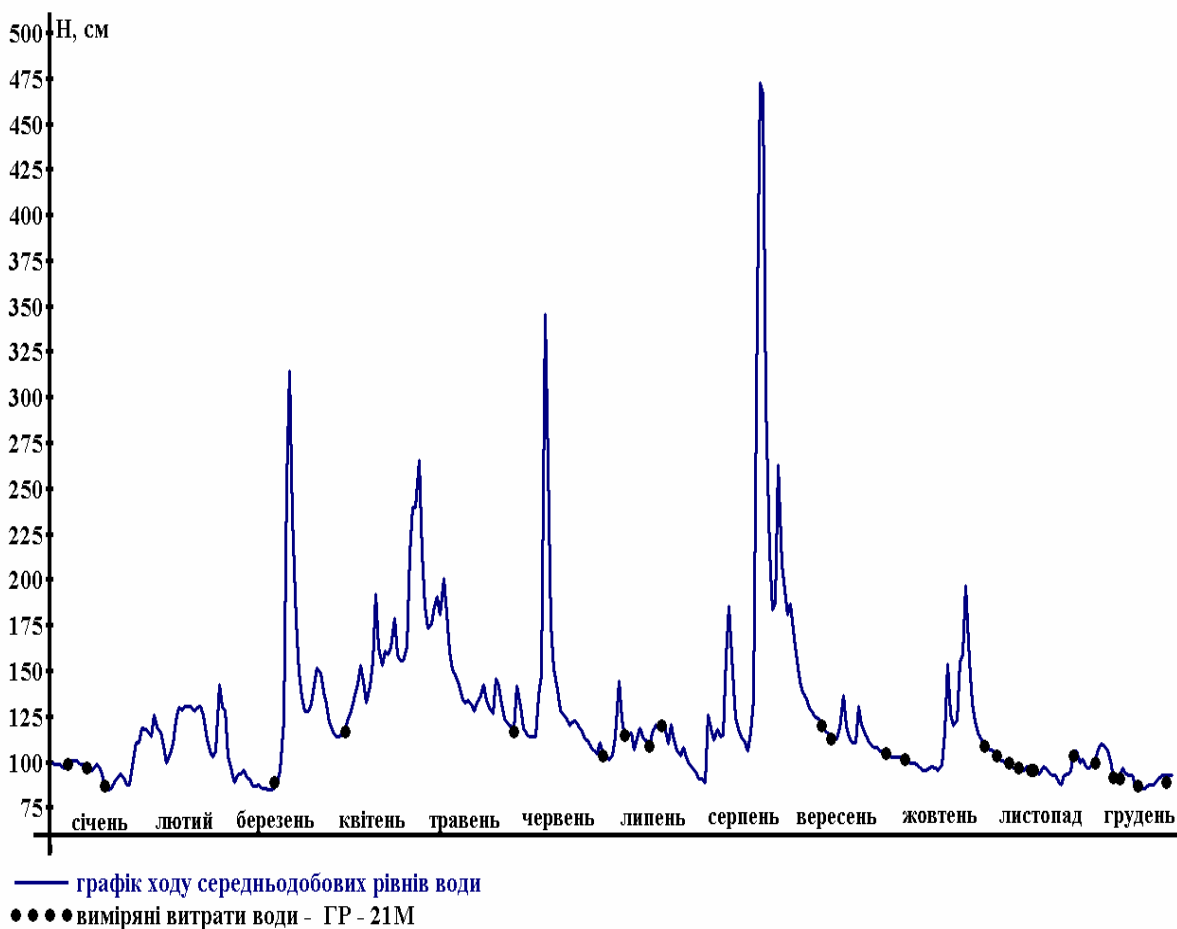


Рис. 1. Розподіл вимірених витрат води по амплітуді коливання рівнів на р. Прут – м. Чернівці у 2005 році

Останнім часом все більшої популярності набувають вимірювання параметрів водного потоку за допомогою ультразвукових методів на основі ефекту Допплера. Визначення гідравлічних та морфометричних параметрів водотоку за допомогою даного методу може виконуватись як за допомогою стаціонарних установок для безперервного моніторингу даних параметрів так і мобільних пристроїв.

Для використання тих чи інших гідрометричних приладів на річках басейнів Верхнього Пруту та Сірету необхідно враховувати умови гідрологічного режиму, антропогенного навантаження. Перш за все, ці засоби повинні мати відповідні технічні характеристики, а саме: глибину вимірювання; діапазон швидкостей (враховуючи умови значного стоку завислих наносів); тривалість вимірювання, відсутність рухових конструкцій, які можуть бути заблоковані або чутливих частин, що можуть вийти з ладу; наявність міцного корпусу, що може витримати значні навантаження.

Щодо вимірювання глибин та швидкостей течії необхідно враховувати особливості гідрологічного режиму, а саме: максимальні глибини під час паводків на річках басейнів Верхнього Пруту та Сірету можуть досягати близько 5–6 м в горах та більше 8–10 м на Передкарпатті; максимальні швидкості течії орієнтовно знаходяться в межах 6–8 м/с. Слід врахувати, що вимірювання глибин та швидкостей течії повинно проводитися не залежно від умов дна водного потоку, оскільки в умовах досліджуваної території це може бути валунне, гравійне, піщане,

глиняне русло, а в умовах виходу на заплаву це рослинно-дерновий покрив та кущі.

Під час проведення вимірювання засоби вимірювальної техніки повинні налаштовуватись на оптимальну тривалість вимірювання, оскільки складні умови при високій водності не дають змогу виконувати тривалі вимірювання. Досить цікавим в даній ситуації є використання витратомірів-профілографів з досить коротким часом вимірювання.

Особливу увагу необхідно приділити захисту вимірювальної техніки, для стаціонарних вимірювачів витрати води це спеціальний захист "кожух"; для мобільних установок – це відсутність рухових конструкцій, які можуть бути заблоковані, або чутливих частин, що можуть вийти з ладу; наявність міцного корпусу, що може витримати значні навантаження, оскільки при проходженні весняного водопілля та дощових паводків у водному потоці переміщується багато кущів, гілок, стовбурів дерев та сміття (скляна та поліетиленова тара), що при значних швидкостях течії може спричинити суттєві пошкодження вимірювального пристрою.

Сучасні гідрометричні пристрої, млинки, магнітно-індуктивні та ультразвукові витратоміри, витратоміри-профілографи повинні перш за все бути простими у використанні. Будь-які засоби вимірювальної техніки повинні включати в себе комплекс програмного забезпечення для оперативного опрацювання отриманої інформації та її передачі через телефон, GSM-мережу або супутниковий зв'язок до центру обробки даних.

На наступному етапі необхідно провести аналіз вимірювань, що виконувались з використанням різних типів вимірювальних засобів. Для порівняння роботи різних засобів вимірювальної техніки було взято результати вимірювань витрати води за допомогою ГР-21М та доплерівського витратоміра ОТТ Qliner 2. Слід відмітити, що вказані прилади мають спільний загальний принцип проведення вимірювання. Визначення глибин та швидкісних характеристик виконується на вертикалях.

Вимірювання за допомогою ультразвукового витратоміра виконувались на річках басейнів Верхнього Пруту та Сірету в період дощових паводків та літньо-осінньої межени 2012 році. Даний рік на річках басейнів Верхнього Пруту та Сірету можна охарактеризувати як низький за водністю з невисоким водопіллям та тривалим меженним періодом з невисокими дощовими паводками.

Для аналізу в основному бралися вимірювання, що виконувалися одночасно в межах одного гідроствору, а також витрати, що були виміряні одночасно на двох гідростворах на відстані менше 20 м, де немає бічної приточності.

Паралельні витрати води виміряні за допомогою ГР-21М та доплерівського витратоміра ОТТ Qliner 2 на р. Прут в межах мостового переходу в с. Маршинці. На р. Прут – с. Маршинці витрата води виміряна за допомогою ГР-21М в межах гідроствору № 1, що знаходився на 1 м вище моста; витрата води виміряна за ОТТ Qliner 2 на гідростворі № 2, що знаходиться в 5 м нижче моста. З врахуванням ширини мостового переходу відстань між гідростворами № 1 та 2 відстань між гідростворами становить близько 15 м. Відстань між гідростворами пояснюється принципом проведення вимірювання з використанням ОТТ Qliner 2 – прилад повинен розміщуватися нижче по течії від мостового переходу. Цей факт дозволяє говорити, про зменшення ролі мостових опор (биків) при виконанні даних робіт.

Додаткового притоку води на даному проміжку немає, тому витрати води на гідростворах №1 та №2 повинні бути ідентичними. Як показали результати вимірювання, витрата води виміряна за допомогою ОТТ Qliner 2 має відхилення від витрати води, виміряної гідрометричним млинком, близько 1%.

Для перевірки отриманих результатів та підтвердження нашої думки були
Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

проведені паралельні вимірювання витрат води на р. Дністер – м. Могилів-Подільський, де морфометрія русла та гідравлічні характеристики відрізняються від тих, що ми спостерігаємо на річках басейнів верхнього Пруту та Сирету.

На р. Дністер – м. Могилів-Подільський витрата води виміряна за допомогою ГР–21М в межах гідроствору №2 в 900 м вище гідрологічного поста; витрата води за допомогою ОТТ Qliner 2 виміряна на тимчасовому гідростворі який знаходиться на 20 м нижче гідроствору №2. Відхилення витрати води виміряної доплерівський витратоміром складає 5% (табл. 1). Таке відхилення можна пояснити впливом мостових опор при вимірюванні витрати води гідрометричним млинком, а також наявністю часткових площ з швидкістю течії до 0,04 м/с, що не можуть бути виміряні за допомогою ГР–21М.

Таблиця 1. Паралельні витрати води, виміряні одночасно на двох різних гідро створах

Річка, пункт	Дата	Виміряна витрата води		Відхилення, %
		ОТТ Qliner 2	ГР–21М	
р. Прут – с. Маршинці	11.07.2012	30,3	30,6	-1
р. Дністер – м. Могилів - Подільський	04.10.2012	153	146	+5

Витрати води, виміряні вказаними технічними засобами, враховуючи умови гідрометричних робіт, є досить близькими, тому необхідно більш детально розглянути паралельні вимірювання, що проведені в межах одного гідроствору, на кожній промірній вертикалі.

Детальний аналіз даних вимірювання по кожній промірній вертикалі дозволяє говорити про те, що результати вимірювання вказаними технічними засобами є дуже близькими (табл. 2). Глибини водного потоку на вертикалях вимірювалися двома приладами; за допомогою гідрометричної лебідки глибина вимірюється в одній точці; за допомогою ОТТ Qliner 2 – в стовпі води, що складається із комірок 30×30 см. Коефіцієнт кореляції (r) глибин виміряних на промірних вертикалях за допомогою гідрометричної лебідки та ОТТ Qliner 2, складає 0,999 (близько 1,0). Результати промірів глибин співпадають, а загальна площа поперечного перерізу річки виміряна ультразвуковим витратоміром відхиляється на 1,5%.

Таблиця 2. Паралельні вимірювання по промірних вертикалях; р. Прут – м. Чернівці, гідроствор № 7 (1,49 км нижче гідрологічного поста)

Відстань від постійного початку, м	Гідрометричні параметри на промірних вертикалях	Гідрометричний млинок ГР–21М	Витратомір ОТТ Qliner 2
85	h, м	0,70	0,68
	V _{ср} , м/с	0,17	0,12
90	h, м	0,90	0,90
	V _{ср} , м/с	0,25	0,27
95	h, м	1,16	1,13
	V _{ср} , м/с	0,48	0,48
100	h, м	1,45	1,45
	V _{ср} , м/с	0,55	0,52
105	h, м	1,68	1,66
	V _{ср} , м/с	0,48	0,46
110	h, м	1,84	1,80
	V _{ср} , м/с	0,45	0,46

Швидкості водного потоку на вертикалях вимірювалися двома приладами; за допомогою гідрометричної вертушки швидкість течії вимірюється в одній точці; за допомогою ОТТ Qliner 2 – в стовпі води, що складається із комірок 30×30 см.

Коефіцієнт кореляції (r) середньої швидкості на промірних вертикалях за допомогою гідрометричної вертушки ГР-21М та ОТТ Qliner 2 складає 0,986 (близько 0,99). Середня швидкість водного потоку виміряна ультразвуковим витратоміром відхиляється на 2,8%.

Враховуючи те, що згідно із технічною документацією гідрометричного млинка похибка вимірювання при швидкостях течії від 0,2 до 2 м/с становить $\pm 1,5\%$, а при швидкостях течії менше 0,2 м/с не більше $\pm 10\%$, можна знехтувати отриманими похибками у спільних вимірюваннях.

Тобто, як можна побачити із вищесказаного, результати вимірювання гідрометричним млинком та доплерівським витратоміром ОТТ Qliner 2 є практично ідентичними. Загальне відхилення у отриманій витраті води менше 5%.

Проведені вимірювання дозволяють виділити, як позитивні так і негативні сторони доплерівського витратоміра ОТТ Qliner 2. Ультразвуковий (доплерівський) витратомір є більш чутливіший до вимірювання малих швидкостей течії, та має можливість вимірювання швидкостей більше 5 м/с. Діапазон вимірювання швидкості течії становить від 0 до 10 м/с, прилад налаштовується на вимірювання течії при наявності рослинності. Ультразвукові датчики інкапсульовані в корпус приладу, тому даний технічний засіб можна використовувати при значній мутності води та за наявності сміття у водному потоці. Використання ефекту Доплера під час вимірювання дозволяє отримати швидкість течії у кожній точці на вертикалі та побудувати епюру швидкостей.

Програмне забезпечення дозволяє оперативно побудувати профіль руслового ложа, провести детальний аналіз швидкості на кожній вертикалі, аналізувати часткові витрати у водному потоці. Вмонтований компас дозволяє отримувати напрям течії на кожній промірній вертикалі. Інформація передається на КПК через Bluetooth, інформація передається на ПК через карту пам'яті. Обробка вхідних даних на ПК дозволяє отримати інформацію про витрату води, площу поперечного перерізу, середню, максимальну, мінімальну швидкість, середню глибину, гідравлічний радіус потоку, змочений периметр та ширину річки. Також вказується точний час вимірювання, що є позитивним для річок, де відбуваються різкі зміни рівнів води.

До недоліків витратоміра ОТТ Qliner 2 можна віднести відсутність можливостей вимірювання при наявності льодового покриття; щодо програмного забезпечення – відсутність можливостей інтерполяції швидкостей у потоці, що ускладнює аналіз полів швидкостей.

Висновки. Детальне вивчення сучасних технічних засобів для вимірювання витрат води показує їх широкі спектр. На сьогоднішній день виробники пропонують прилади, що за своїми технічними характеристиками та процесом обробки інформації можуть бути використані для стаціонарних та мобільних вимірювань. Паралельні вимірювання з використанням вказаних приладів на швидкісних вертикалях дозволяють верифікувати результати, що отримані ультразвуковим витратоміром.

Паралельні вимірювання та визначені коефіцієнти кореляції показують, що результати, отримані за допомогою різних технічних засобів, є практично ідентичними, це дозволяє говорити про можливість проведення гідрометричних робіт з використанням ОТТ Qliner в період підвищеної водності та для оперативного вимірювання витрат води на річках басейнів Верхнього Пруту та Сирету в період розвитку весняного водопілля та дощових паводків. Використання доплерівського витратоміра ОТТ Qliner дозволить проводити вимірювання швидкостей більше 5 м/с, що є досить перспективним, оскільки діапазон вимірювання швидкостей гідрометричних млинів ГР-21М та більшості ADCP вимірювачів знаходиться в межах до 5 м/с.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

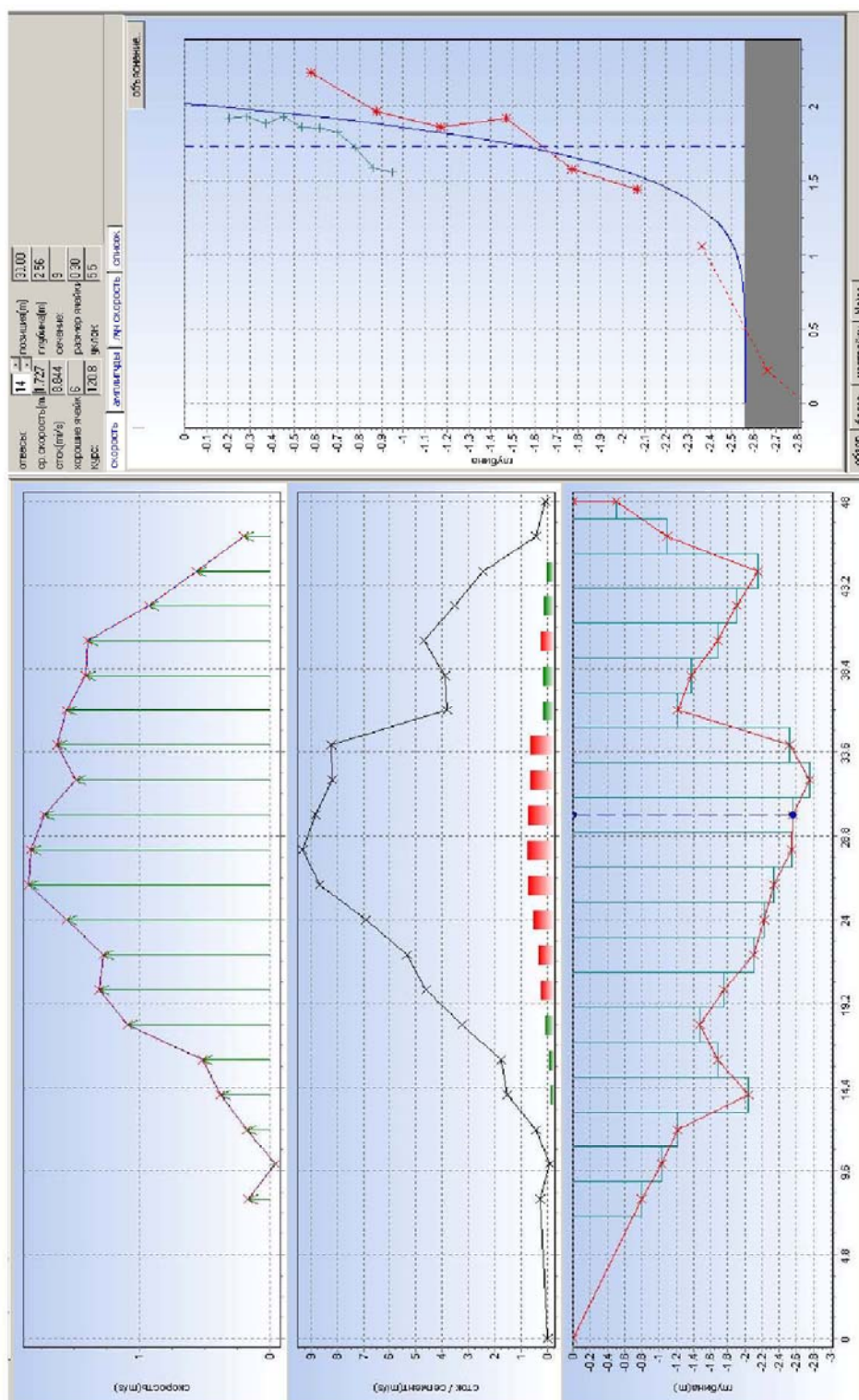


Рис. 2. Результаты измерения витраты воды за допомогою ОТТ Qliner 2

Проведені дослідження дозволяють говорити про перспективи проведення вимірювань гідравлічних та морфометричних параметрів річок з використанням ультразвукових методів вимірювання.

Використання доплерівського витратоміра на річках басейнів Пруту та Сірету дозволить виконувати вимірювання витрат води на гідрологічних постах Кути та Коломия. Знання про гідравлічні та морфометричні особливості поверхневих водотоків на ділянках виходу із гір є одним із ключових аспектів практичної гідрології на річках басейнів Пруту та Сірету. Даний факт є позитивним моментом, що може відіграти важливу роль для покращення роботи підсистем короткотермінового прогнозування дощових паводків «Прут – Дощ».

Необхідно відмітити, що перспективними є порівняльні вимірювання в період проходження весняного водопілля та дощових паводків, а також аналіз швидкісних полів та пульсуючих швидкостей, що дозволить розширити наші уявлення про функціонування системи "потік–русло", гідравлічні особливості поверхневих водотоків та стік наносів на річках басейнів Верхнього Пруту та Сірету.

Список літератури

1. *Мамонтова Л. С.* Підвищення точності вимірювання швидкості та напрямку течії водотоку з використанням ультразвукового пристрою / Л. С. Мамонтова // Чернігівський науковий часопис. Серія 2: Техніка і природа. – 2011. – С. 17–26.
2. *Настюк М. Г.* Сучасні методи вимірювання гідравлічних та морфометричних параметрів руслового потоку / М. Г. Настюк // Міжнародна наук.-практ. конф. «Карпатська конференція з проблем охорони довкілля» (м Мукачеве, 15-18 тр. 2011 р.). – Ужгород : Карпати, 2011. – С. 5-6.
3. *Масте М.* Развитие гидрометрической техники: новые приборы для картографирования гидродинамики рек / Масте Мэриан, Вон Ким, Джестин М. Фулфорд // Бюллетень ВМО 57 (3). – Июль 2008 – С. 163-169.
4. *Costa J. E.* An evaluation of selected extraordinary floods in the United States reported by the U.S. Geological Survey and implications for future advancement of flood science: U.S. / J. E. Costa, R. D. Jarrett // Geological Survey Scientific Investigations Report. – 2008. – 2008-5164. – 232 p.
5. Development of flow rate measurement on open channel flow using ultrasonic Doppler method / Takashi A., Wada S., Kikura H. And oth. // 4th International Symposium on Ultrasonic Doppler Method for Fluid Mechanics and Fluid Engineering (Sapporo, Japan, 6-8 Sept. 2004). – Sapporo, 2004. – P. 33-36.
6. *Morlock S. E.* Feasibility of acoustic Doppler velocity meters for the production of discharge records from U.S. Geological Survey streamflow-gaging stations / Morlock S. E., Nguyen H. T., Ross J. H. // U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report. – 2002. – 01-4157. – 56 p.
7. *Katakura K.* Ultrasonic measurement method for transversal component of water flow velocity / K. Katakura, P. Alain // International Symposium on Underwater Technology. – 16-19 April 2002 – P. 45-48.
8. Flood-Flow Characteristics of equatorial natural rivers in Sarawak, Malaysia / [Sai Hin Lai, N. Bessaih, Puong Ling Law, N. Azazi bin Zakaria] // Journal The Institution of Engineers, Malaysia. – December 2008. – Vol. 69, No.4. – P. 1-8.
9. *Cheng R. T.* Complete Velocity Distribution in River Cross-sections Measured by Acoustic Instruments / T. R. Cheng, J. W. Gartner // The IEEE Seventh Working Conference on Current Measurement Technology Current and Wave Monitoring and Emerging Technologies (San Diego, CA, USA. March 13-15). – San Diego, 2003.
10. Measuring stream discharge by non-contact methods--a proof-of-concept experiment / J. E. Costa, K. R. Spicer, R. T. Cheng etc. // Geophys. Res. Let. – 2000. – V. 27, no. 4. – P. 553-556.

Можливості використання сучасних методів вимірювання морфометричних та гідравлічних параметрів поверхневих водотоків (на прикладі річок басейнів Верхнього Пруту та Сірету)

Іванова Н. О., Настюк М. Г., Нікоряк В. В.

В даному дослідженні проаналізовано можливості використання ультразвукових витратомірів для вимірювання гідравлічних та морфометричних параметрів на річках басейнів Верхнього Пруту та Сірету. Вивчено сучасні світові розробки для вимірювання витрат води у поверхневих водотоках. Проведено детальний аналіз паралельних вимірювань витрат води за допомогою гідрометричного млинка ГР-21М та ультразвукового витратоміра ОТТ Qliner 2. Виділено основні переваги та недоліки використання ОТТ Qliner 2 на річках басейнів верхнього Пруту та Сірету, проведено паралельні порівняльні гідрометричні роботи на р. Дністер.

Ключові слова: річка, швидкість течії, ультразвук, ефект Доплера, гідрометричний млинок.

Возможности использования современных методов измерения морфометрических и гидравлических параметров поверхностных водотоков (на примере рек бассейнов Верхнего Прута и Сирета)

Иванова Н. О., Настюк М. Г., Никоряк В. В.

В данном исследовании проанализированы возможности использования ультразвуковых расходомеров для измерения гидравлических и морфометрических параметров на реках бассейнов Верхнего Прута и Сирета. Изучены современные мировые разработки для измерения расхода воды в поверхностных водотоках. Проведен детальный анализ параллельных измерений расхода воды с помощью гидрометрической вертушки ГР-21М и ультразвукового расходомера OTT Qliner 2. Выделены основные преимущества и недостатки использования OTT Qliner 2 на реках бассейнов верхнего Прута и Сирета, проведено параллельные сравнительные гидрометрические работы на Днестр.

Ключевые слова: река, скорость течения, ультразвук, эффект Доплера, гидрометрическая вертушка.

The possibilities of using modern measurement methods of morphometric and hydraulic parameters of surface waters (for example, river basins of the Upper Prut and Siret)

Ivanova Natalya, Nastyuk Mykola, Nikoryak Viktor

In this study analyzed the possibility of using ultrasonic flowmeters for measuring hydraulic and morphometric parameters on the river basins of the Upper Prut and Siret. Study of modern world development to measure the flow of water in surface streams. The detailed analysis of parallel measurements of water consumption by hydrometric vane ultrasonic flowmeter. The basic advantages and disadvantages of using OTT Qliner 2 in the upper basin rivers Prut and Siret, held parallel comparative hydrometric work on the Dniester River.

Keywords: river, flow rate, ultrasound, Doppler effect, hydrometric vane.

Надійшла до редколегії 20.12.2012

УДК 551.577.21

Приймаченко Н. В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ОПАДІВ ПІД ЧАС ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ НА ПРАВОБЕРЕЖЖІ ДНІСТРА В МЕЖАХ УКРАЇНИ

Ключові слова: максимальні опади; просторова структура опадів; залежність; дощові паводки

Постановка проблеми. Правобережжя басейну Дністра відноситься до найбільш паводконебезпечного регіону України, що зумовлено особливостями орографічних та гідрометеорологічних чинників. У гірській частині басейну (верхів'я Дністра та його правобережні притоки) спостерігаються часті дощові паводки, які нерідко набувають руйнівного за своїми наслідками характеру [17]. За теплий період року тут проходить звичайно три-п'ять паводків різної висоти. При цьому максимальні витрати води дощового походження 1–5%-ної забезпеченості перевищують відповідні максимуми сніго-дощових паводків холодного періоду року та весняного водопілля. За останні 105 років (1895–2000 рр.) найбільші річні витрати Дністра, в більшості випадків, викликані літніми дощами та зливами. Тому важливою ланкою дослідження паводкового режиму Дністра слід вважати визначення впливу гідрометеорологічних та орографічних чинників на формування максимального стоку.

Об'єкт та мета дослідження. Об'єктом дослідження обрані правобережні притоки Дністра. В наш час, в зв'язку із збільшенням об'єму інформації про стік води з цієї території і уточненням багаторічних характеристик максимальних зливових витрат, з'явилась можливість більш диференційовано підійти до розгляду особливостей формування дощових паводків на річках басейну Дністра.

Отримані висновки дозволяють розробити для цієї території кількісні залежності стосовно оцінювання характеристик максимальних дощових витрат з врахуванням ландшафтних особливостей водозборів та врахуванням особливостей даних про опади, які надходять з мережі спостережень. Метою цього дослідження є отримання кількісної оцінки максимальних опадів території правобережжя Дністра через статистичне узагальнення однорідних у часі та просторі даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Певно, що вивчення умов формування паводків в залежності від природних факторів і розробка рекомендацій по визначенню гідрометеорологічних характеристик регіону дослідження (як для вивчених, так і для невивчених річок) має для басейна, що розглядається, першочергове значення. Тому в багатьох дослідженнях велика увага приділялась вирішенню цих питань; ряд практичних методів розрахунку доведений до практичного застосування [1, 3, 7, 8, 11, 15, 16]. В останні роки вивченням орографії місцевості та гідрометеорологічних умов формування паводкового режиму займались вчені УкрНДГМі [16, 19].

Оцінки інформативної здатності мережі опадомірних спостережень. Інформація про статистичну структуру полів гідрометеорологічних величин дозволяє ретельніше обґрунтувати ступінь придатності даних спостереження для вирішення тих чи інших завдань гідрології. Зокрема, відомості про структуру полів опадів дуже важливі для оцінювання похибок прогнозування стоку, які можуть бути використані при використанні обмеженого обсягу даних [5, 10, 12–14, 20, 21]. Відповідні кількісні характеристики полів опадів можуть слугувати основою для раціоналізації мережі спостереження. При цьому звертається увага на оцінювання інформативної здатності опадомірної мережі, оскільки на гірських водозборах висота паводків визначається переважно інтенсивністю опадів, тоді як вплив інших чинників (випаровування, фільтрація) менш істотний [12].

Методичні засади дослідження просторової структури опадів. Оскільки приходить оперувати реальними, а не осередненими за багаторічний період полями опадів, виникає ряд особливостей вирішення поставленої задачі порівняно з кліматичними дослідженнями.

Загальна характеристика мережі: 1) Кількість пунктів – 53; 2) Відстані між пунктами спостереження 6-213 км; 3) Середні кількості опадів за 6 год=40, 12 год=60, 24 год=80.

Густота опадомірної сітки в середньому по басейну Верхнього Дністра складає 1 пункт на 429 км². Але необхідно зауважити, що порівняно добре ведуться спостереження у частковому басейні Стрия разом із Опором, де густота опадомірної мережі становить один пункт на 100-150 км². Найбільш обмежена мережа в басейнах Лімниці та Бистриці – один пункт на 400-600 км². Мережа в основному розташована в межах абсолютних висот від 218 до 713 м.

Існуюча на гірських водозборах мережа опадомірних спостережень може забезпечити обчислення витрат води переважно з точністю 15-25%, а в деяких часткових басейнах з обмеженою мережею – 25-35%. Але така точність може бути забезпечена лише за умов отримання під час паводків регулярної інформації про опади кожні 3–6 год. (табл. 1).

Справа в тому, що в наших розрахунках не має сенсу застосовувати постійні зв'язки з висотою або висотні градієнти, так як очевидно, що для окремих ситуацій вони будуть різними. Щоб забезпечити співставимість характеру розподілу опадів по висотам для різних реалізацій (строків спостереження, періодів), необхідно усунути неоднорідність, яка вноситься рівнем поля [22], і розглядати нормовані величини опадів. В такому випадку можна отримати для кожної реалізації, а потім осереднений за багаторічний період зв'язок з висотою відношення сум опадів в окремих пунктах до їх середньої по площі величини [2].

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

Таблиця 1. Оптимальна кількість пунктів опадомірних спостережень [10]

Часткові басейни	Кількість пунктів	
	наявна	оптимальна
Верхів'я Дністра	9	14
Стрий	13	20
Свіча	5	8
Лімниця	3	8
Бистриця	6	16

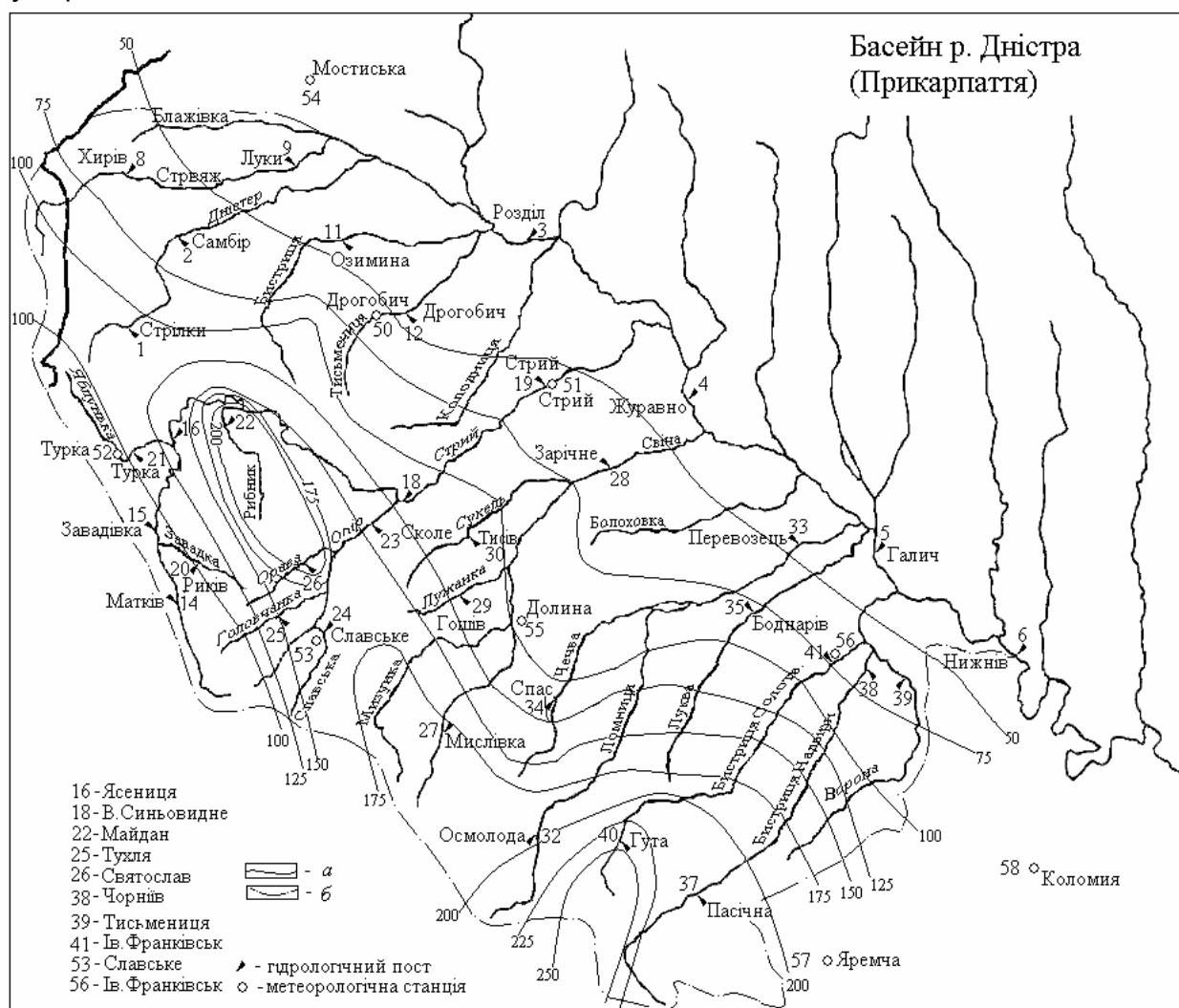
Дослідниками стоку Верхнього Дністра чітко виведений алгоритм щодо неможливості в оперативній практиці служби гідрологічних прогнозів для просторового осереднення опадів в басейні, їх залежності від висоти місцевості. При існуючій густоті мережі спостереження більш доцільно обґрунтувати способи визначення середніх по площі сум опадів за певні інтервали часу (12 або 24 години, період паводка), виходячи з характеру просторової структури їх полів без врахування висотної поясності. Відсутність даних спостережень на висотах більше 700 м не може внести помітних похибок в результати розрахунку, оскільки на рівні 700-1200 м зміна кількості опадів з висотою не відбувається [4], а територія з ще більшими висотами займає лише біля 4% всієї площі басейну.

Основні результати дослідження. В результаті проведеного дослідження встановлено, що процес формування максимальних витрат води дощових паводків в басейні Дністра має своєрідні особливості. Територія басейну верхнього і середнього Дністра розташована на північно-східних схилах Карпат, де виділяється три геоморфологічні області: замкнена між більш високими гірськими масивами Вододільно-Верховинська область, Зовнішні Карпати з рядом гір висотою 1000–1800 м і низькогірна зона Передкарпаття. Сам Дністер, його праві притоки, найбільші з яких Стрий, Свіча, Ломниця, Бистриця, Стрв'яз, беруть початок в гірській частині басейну.

Система гірських хребтів Карпат простягається з північного-заходу на південний схід. Тому вологі повітряні маси, що переміщуються в теплий період року з Атлантики, зустрічають на території гірської частини басейну Дністра орографічні перешкоди з висотою до 1600–1800 м над рівнем моря. Рельєф вносить суттєве порушення в хід атмосферних процесів над цим районом: під впливом гір на атмосферних фронтах, що рухаються, відбувається підсилення хмароутворення і збільшення опадів. Особливо інтенсивні дощі спостерігаються при переміщенні холодних фронтів з північного-заходу та півночі, коли повітряні маси, що надходять можуть залишатися довгий час в зоні висхідних рухів біля навітряних схилів гір. З подібними явищами пов'язана значна частина катастрофічних літніх злив на східних схилах Карпат.

В роботах багатьох дослідників [2] висвітлені закономірності розподілу опадів по території Карпат, що мають складний характер і відображають умови зрошення, пов'язані з орографією місцевості. Характерно, що значні зливи в Карпатах охоплюють одночасно порівняно велику територію - нерідко всю гірську частину басейну Дністра. Поряд із цим в басейні визначені райони з постійними та квазіпостійними максимумами і мінімумами повторюваностей і кількостей літніх опадів. У багаторічному розрізі достатньо добре виражена зона максимуму опадів, що простяглася вздовж північно-східних схилів Зовнішніх Карпат приблизно по лінії, що з'єднує найбільш високі їх вершини (рис. 1). Це район Верхньо-Дністровських та Сколівських Бескидів (міжріччя Стрия та Опору) і північно-східні схили Горган (верхів'я Свічі, середні частини басейнів Лімниці та Бистриці). Тут добові суми опадів нерідко досягають 150-180 і навіть 220-240 мм, а за дощові періоди (2-3 доби) випадає до 250-320 мм (пости Гута, Пасічна і інші - червень

1969 р.). У межах вказаної зони відмічається добре виражена вертикальна зональність опадів - збільшення з висотою їх інтенсивності, повторюваності і сумарної кількості за 24 години.



а – ізолінії максимальних опадів; б – межі басейну

Рис. 1. Опади (мм) 1% ймовірності перевищення

По мірі віддалення від Карпатських гір в сторону Волино-Подільської височини ступінь зволоження території басейну і частота злив зменшуються. Зменшення інтенсивності дощів і кількості опадів спостерігається також в протилежному від Зовнішніх Карпат напрямку - в межах Вододільно-Верховинської геоморфологічної області (верхів'я Стрия, Опору, Лімниці, Бистриці Надвірнянської, частково Дністра і Стрважу). Причиною мінімуму опадів в цьому міжгір'ї є захищеність місцевості від повітряних мас, що переміщуються, більш високими гірськими хребтами.

Як видно із викладеного, основною областю формування дощових паводків є центральні частини басейнів одних правобережних притоків Дністра і верхів'я інших. Тут, окрім рясних опадів, також є сприятливі умови для стоку дощових вод - значні ухили місцевості і водотоків, малопроникні ґрунти, добре розвинена річкова мережа [15, 23, 24]. Максимальні витрати в пониззях правобережних притоків Дністра, де місцевий стік значно слабший, формуються за рахунок надходження води з верхніх та центральних частин водозборів.

Досить важливим моментом є врахування неоднорідності максимальних добових кількостей опадів. Досить поширена характеристика опадів –

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

максимальна добова кількість. Це значення обчислюється шляхом підсумування кількості опадів за строки спостережень протягом метеорологічної доби. Тому окремі частини одного й того ж дощу можуть попасти в суміжні доби. При цьому добові кількості опадів P_d^m переважно будуть менші, ніж максимальні за 24 год., які охоплюють інтервал їх випадіння, не прив'язаний до постійного початкового відліку часу - P_{24}^m . Співвідношення між цими значеннями максимальних опадів визначаються нерівністю [18]:

$$0,5P_{24}^m \leq P_d^m \leq P_{24}^m. \quad (1)$$

У таких випадках можна отримати чітке уявлення про часове та просторове поширення максимальних опадів через районні криві розподілу ймовірностей, побудовані методом періодо-пунктів за об'єднаною послідовністю однорідних часових послідовностей, тобто шляхом об'єднання сукупностей декількох пунктів спостережень [6, 9]. Таке об'єднання можливе, оскільки інтенсивні опади в різних пунктах району практично не пов'язані між собою. Мається на увазі, що в певному районі спостерігається однаковий режим опадів, лише розподіляються вони по території випадково. Отже, для території всього району характерна одна й та ж ймовірність перевищення максимуму опадів [6, 9].

Згідно з методом періодо-пунктів елементи часткових послідовностей об'єднуються в єдину просторово-часову варіаційну сукупність. Якщо розмір кожної вибірки (реалізації) дорівнює n_i , об'єднана районна сукупність досягає об'єму N :

$$N = \sum_{i=1}^{i=m} n_i, \quad (2)$$

де m - кількість виборок (часткових послідовностей, пунктів спостережень). Подальше опрацювання здійснюється, як звичайно, шляхом ранжування даних за їх величиною та побудовою теоретичної чи емпіричної кривої ймовірності перевищення.

Як приклад, розглянемо розподіл максимальних опадів для гірської частини басейну Дністра (площа 14 тис. км²). Тут виділено 6 однорідних за опадами районів, зумовлених особливостями розташування гірських масивів Карпат:

- (1) Верхів'я Дністра,
- (2) Середнє Подніпров'я,
- (3) Східні Бескиди,
- (4) Сколівські Бескиди,
- (5) Горгани,
- (6) Вододільно-Верховинський район (рис.2).

Таблиця 2. Максимальна кількість опадів на правобережжі Дністра

Ймовірність перевищення	Сума опадів за 12 годин, мм					
	1 район	2 район	3 район	4 район	5 район	6 район
0,2 %	100	145	155	160	162	103
0,5 %	83	110	126	124	128	86
1 %	69	88	107	103	110	76
2 %	60	71	90	84	93	67
5 %	50	56	72	64	75	57

Кількість пунктів спостережень за опадами становить у кожному районі 4-6. Оцінки максимальних опадів 1 %-ї ймовірності перевищення за 12 годин, обчислені для цих районів методом періодо-пунктів, знаходяться в межах 69-110 мм (табл.2). Максимальні опади 5 %-ї ймовірності коливаються по виділених районах від 50 до 75 мм за 12 годин.

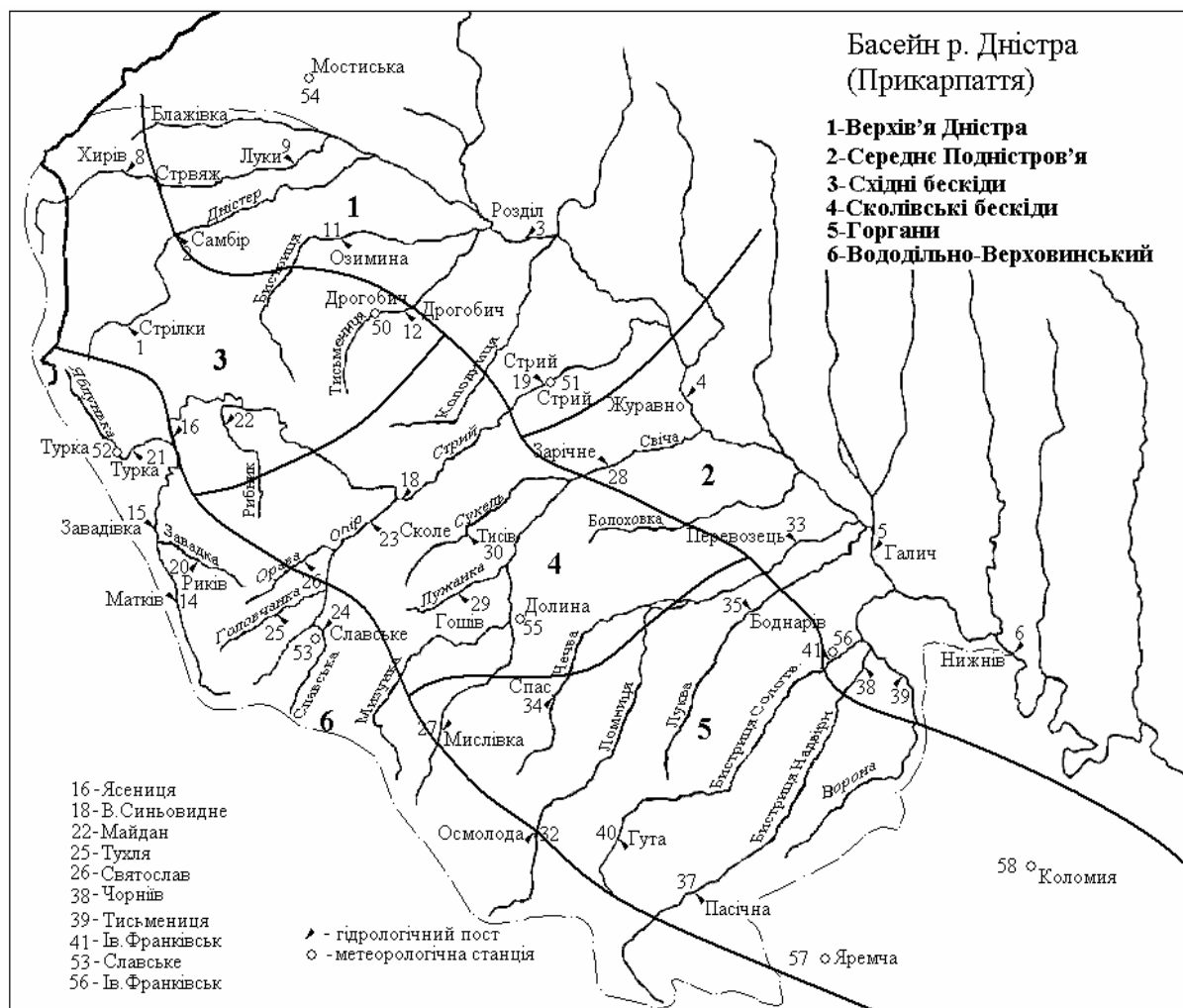


Рис. 2 . Однорідні за опадами райони, виділення яких обумовлено особливостями розташування гірських масивів Карпат

Описані вище об'єднані районні послідовності статистично більш стійкі, вони враховують ймовірності рідкісних значень максимальних опадів, що спостерігалися лише в окремих пунктах. А ці рідкісні значення, без сумніву, найбільш цінні в теоретичному та практичному відношеннях. Вони відображають умови зливової діяльності та характеризують інтенсивність процесів, які зумовлюють режим опадів у певному фізико-географічному районі.

Висновки. Статистичне подання сукупностей максимальних добових кількостей опадів неправомірне, оскільки їх елементи сформовані із неоднорідних у генетичному відношенні значень і не відображають рідкісні величини опадів.

Подання максимальних за певний проміжок часу кількостей опадів в окремих пунктах спостережень без оцінки їх ймовірностей та просторової визначеності не може слугувати кліматологічним показником.

Щоб отримати цінні в інформативному відношенні дані про максимальні кількості опадів за певний проміжок часу (12, 24 год.), слід опрацювати їх методом періодо-пунктів по однорідних у фізико-географічному відношенні районах. Таке узагальнення дозволяє отримувати достовірні дані щодо просторово-часового режиму опадів.

Список літератури

1. *Бефани А. Н.* Теория формирования дождевых паводков и методы их расчета. / А. Н. Бефани // Международный симпозиум по паводкам и их расчетам : в 2-х тт. – Л. : Гидрометиздат, 1969. – Т. 1. – С. 44-58. 2. *Богатырь Л. Ф.* Влияние орографии на распределение осадков в Украинских Карпатах и предгорьях в теплое время года / Л. Ф. Богатырь, А. И. Ромов // Труды УкрНИГМИ. – 1971. – Вып. 108. – С. 18-26. 3. *Вишневский П. Ф.* Зливи і зливовий стік на Україні / П. Ф. Вишневський. – К. : Наук. думка, 1964. – 156 с. 4. Влияние местных факторов на распределение и вертикальную зональность осадков в Украинских Карпатах : Доклады VI международной конференции по метеорологии Карпат (Киев, 20-24 нояб. 1973 г.). – Л. : Гидрометиздат, 1973. – 670 с. 5. Гідрометеорологічні та орографічні умови формування максимального стоку дощових паводків у басейні Дністра: матеріали V Міжнар. науково-практичної конференції [«Ресурси природних вод Карпатського регіону» Проблеми охорони та раціонального використання], (Львів, 25 - 26 травня 2006 р.) / НАН України, Ін-т. геології і геохімії горючих копалин та ін. – Львів : ЛЦНТЕІ, 2006. – 290 с. 6. *Груза Г. В.* Статистика и анализ гидрометеорологических данных / Г. В. Груза, Р. Г. Рейтенбах. – Л. : Гидрометеоиздат, 1982. – 216 с. 7. *Иваненко А. Г.* Метод расчета вероятных максимальных расходов ливневых и дождевых вод для рек и временных водотоков в Украинских Карпатах (с применением номограмм) / А. Г. Иваненко, О. Н. Мельничук // Метеорология, климатология и гидрология. – 1969. – Вып. 5. – 275 с. 8. *Клибашев К. П.* Гидрологические расчеты / К. П., Клибашев, И. Ф. Горюшков. – Л. : Гидрометеоиздат, 1970. – 300 с. 9. *Кобышева Н. В.* Климатология / Кобышева Н. В., Костин С. И., Струнников Э. А. – Л. : Гидрометеоиздат, 1980. – 344 с. 10. *Лук'янець О. І.* Оцінка інформативної здатності мережі опадомірних спостережень у західному регіоні України / О. І. Лук'янець, М. М. Сусідко // Наукові праці УкрНДГМІ. – 1998 – Вып. 246. – С. 62-75. 11. *Люттик П. М.* Расчет дождевого паводочного стока рек Карпат / П. М. Люттик // Сб. работ по гидрологии. – 1965. – № 5 – 205 с. 12. *Паршин В. Н.* О поле слоя стока за половодье / В. Н. Паршин // Метеорология и гидрология. – 1969. – № 9. – С. 36-44. 13. *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. 14. *Приймаченко Н. В.* Особливості орографічних та гідрометеорологічних умов формування дощових паводків у басейні Дністра та вплив їх стоку на руслові процеси / Н. В. Приймаченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 11. – С. 197-202. 15. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. / [науч. ред. Каганера М. С.]. – Л. : Гидрометеоиздат, 1969. – Т.6, вып. 1. – 884 с. 16. Тепловой и водный режим Украинских Карпат / Л. И. Сакали, Л. В. Дмитренко, Е. Н. Киптенко, П. М. Люттик. – Л. : Гидрометеоиздат, 1985. – 366 с. 17. *Соседко М. Н.* Многолетние характеристики максимальных расходов воды дождевых паводков рек бассейна Днестра / М. Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1973. – Вып.123. – С. 64-77. 18. *Соседко М. Н.* О принципах определения максимального слоя осадков за расчетный интервал времени / М. Н. Соседко // Метеорология и гидрология. – 1980. – №10. – С.39-43. 19. *Соседко М. Н.* Особенности пространственной структуры полей осадков на территории Украинских Карпат / М. Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1980. – Вып. 180 – С. 81-85. 20. *Соседко М. Н.* Оценка репрезентативности осадкомерной сети в бассейне Верхнего Днестра применительно к запросам службы гидрологических прогнозов / М. Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1977. – Вып.153. – С. 24-33. 21. *Соседко М. Н.* Статистическая структура поля осадков в бассейне Днестра в периоды дождевых паводков / М. Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1977. – Вып. 153. – С. 3-23. 22. *Соседко М. Н.* Характер высотной поясности осадков в бассейне верхнего Днестра в период летних дождевых паводков / М. Н. Соседко // Труды УкрНИГМИ. – 1977. – Вып. 157. – С. 44– 53. 23. *Швебс Г. І.* Каталог річок і водойм України / Г. І. Швебс, М. І. Ігошин. – Одеса : Астропринт, 2003. – 390 с. 24. Factors influencing ground-water recharge in the eastern Kimberlie United States / T. B. Nolan, W. R. Healy, E. P. Taber etc // Journal of Hydrology. – 2007. – Vol. 332. – P. 187– 205.

Просторовий розподіл опадів під час дощових паводків на правобережжі Дністра в межах України

Приймаченко Н. В.

Досліджені умови формування максимальних витрат дощових паводків в басейні верхнього і середнього Дністра і розглянуто вплив орографічних особливостей в комплексі з ландшафтними на просторові зміни багаторічних характеристик опадів, в результаті чого визначені певні закономірності, які мають практичне значення.

Ключові слова: максимальні опади; просторова структура опадів; залежність; дощові паводки.

Пространственное распределение осадков во время дождевых паводков на примере правого берега Днестра в пределах Украины

Приймаченко Н. В.

Исследованы условия формирования максимальных расходов дождевых паводков в бассейне верхнего и среднего Днестра и рассмотрено влияние орографических особенностей в комплексе с ландшафтными на пространственные изменения многолетних характеристик осадков, в результате чего раскрыты определенные закономерности, которые имеют практическое значение.

Ключевые слова: максимальные осадки; пространственная структура осадков; зависимость; дождевые паводки.

Spatial allocation of precipitations during a high waters on the right bank of the Dnestr in extent of Ukraine

Prymachenko N.V.

The conditions of maximum water discharges formation of rainfall floods are investigated in upper and middle Dnister river basin. The influence of orographic in a complex with landscape peculiarities are considered on space changes of precipitations long-term characteristics. As a result of investigation, were uncovered definite regularities and they will be in practise very important.

Keywords: maximal precipitations; spetial strukture of precipitations; dependence; high waters.

Надійшла до редколегії 06.02.2013

УДК 556.531.4

Hilcevschi V. K.¹, Gonciar O. M.², Zabocrîța M. R.³

¹Universității Naționale „Taras Șevcenko” din Kiev

²Universității Naționale „Iuri Fedcovici” din Cernăuți

³Universității Naționale Est-Europene Lesia Ukrainca (Luț)

REGIMUL HIDROCHIMIC ȘI CALITATEA APELOR DE SUPRĂFAȚĂ ALE BAZINULUI NISTRU TERITORIUL UCRAINEI

Cuvinte cheie: bazinul, regimul hidrochimic, scurgerea substanțelor chimice, evaluări ecologice, calitatea apei

Introducere. Bazinul Nistrului este amplasat pe un teritoriul dens populat, cu un potențial industrial foarte ridicat (în sectorul superior al bazinului) și cu o dezvoltare intensivă a gospodăriei agricole (în sectorul de mijloc și inferior al bazinului). Fluctuațiile semnificative ale debitului de apă și regimul hidrologic torențial, intensitatea ridicată de utilizare a apei, evacuarea apelor industriale, de uz casnic și din gospodăria agricolă, crează în bazinul Nistrului o situație hidrologică tensionată. Aceasta condiționează necesitatea unui studiu complex de cercetare a regimurilor hidrologic și hidrochimic ale bazinului Nistrului.

În același timp, Nistru este un râu transfrontalier, al doilea ca mărime în Ucraina (lungimea – 1329, suprafața bazinului – 72,1 mii km²) și face parte din cele mai importante artere de apă din regiunea de vest a Ucrainei, fiind, totodată, și principala arteră de apă a Moldovei.

Sectorul superior și cel inferior al râului Nistru curge pe teritoriul Ucrainei (pe o suprafață de 629 km). Porțiunea râului de 225 km trece atât pe teritoriul Ucrainei cât și pe teritoriul Moldovei, iar 475 km de râu aparțin Moldovei. Această poziționare condiționează un interes suplimentar științific și aplicativ pentru studierea particularităților spațiale și temporale ale schimbărilor în compoziția chimică și calitatea apelor din bazinul Nistrului pentru perfecționarea cooperării între Ucraina și Moldova în ceea ce privește gestionarea în comun a bazinului râului Nistru și mai ales a calității apei.

Pentru caracteristica regimului hidrochimic și evaluarea calității apelor de suprafață din bazinul Nistrului sunt utilizate materialele Serviciului Hidrometeorologic de Stat din Ucraina pentru perioada din 1994 până în 2009 și datele expedițiilor hidrochimice efectuate de O. M. Gonciar. Pentru caracterizarea situației gospodăriei apelor sunt utilizate datele Agenției de Stat pentru Resursele de Apă din Ucraina.

Bazele metodologice de cercetare a bazinului râului Nistru. De remarcat că anumite cercetări hidrochimice ale apelor de suprafață ale bazinului Nistrului sunt prezentate în lucrările cercetătorilor ucraineni – L.M.Gorev, V.I. Peleşenco, V.K. Hilcevschi (1995); V.K. Hilcevschi, S.D.Acsiom (2001); V.I. Osadci, N.M. Osadcia (2000, 2007), precum și la cercetătorii moldoveni – G.G. Bevza, A.A. Bevza, S.E. Bâzgu, I.I. Viskovatov, A.P. Discalenco, E.N. Muntean.

În prezenta monografie, drept bază informațională a schemei metodologice într-o serie de cercetări hidrochimice au servit materialele primare statistice și materialele departamentale ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat din Ucraina, ale Agenției de Stat a Resurselor de Apă din Ucraina și ale Direcției de gestionare a bazinului Nistr-Prut

(or. Cernăuți) și rețelei de supraveghere a situației apelor de suprafață (1994 – 2009). Pentru caracterizarea și evaluarea regimului hidrochimic, evaluarea situației calitative ale apelor curgătoare din bazinul Nistrului au fost puse în funcțiune 40 de puncte de supraveghere: 17 – pe râul Nistru, din care 5 în limita lacului de acumulare Dnestrovsk, 23 – pe afluenții săi (tabl. 1).

Tabelul 1. Punctele de monitorizare a apelor fluviale ale bazinului Nistrului pe teritoriul Ucrainei

Nr	Râul-punct	Nr	Râul-punct
Sectorul superior al r. Nistru		20	<i>Tismenița – o. Drohobici, 1 km mai jos de oraș</i>
1	<i>Nistru – s. Strilchi</i>	21	<i>Strii – or. Strii 1 km mai sus de oraș</i>
2	<i>Nistru – o. Sambir, 1 km mai sus de oraș</i>	22	<i>Strii – or. Strii 2 km mai jos de oraș</i>
3	<i>Nistru – o. Sambir, 1 km mai jos de oraș</i>	23	<i>Strii – gura de vărsare a râului</i>
4	<i>Nistru – o. Rozdil, 1 km mai sus de oraș</i>	24	<i>Opir – o. Scole</i>
5	<i>Nistru – o. Rozdil, 1 km mai jos de oraș</i>	25	<i>Slavsca – orașelul Slavsca</i>
6	<i>Nistru – o. Halici, 1 km mai sus de oraș</i>	26	<i>Svicea – s. Zaricine</i>
7	<i>Nistru – o. Halici, 2,5 km mai jos de oraș</i>	27	<i>Lujanca – s. Hoșiv</i>
Sectorul de mijloc al r. Nistru		28	<i>Limnîtea – o. Caluș, 0,5 mai sus de oraș</i>
8	<i>Nistru – o. Zalișcichi, 2 km mai sus de oraș</i>	29	<i>Limnîtea – o. Caluș, 1 km mai jos de oraș</i>
9	<i>Nistru – o. Zalișcichi, 2,5 mai jos de oraș</i>	30	<i>Bistrița-Solotvinsca – or. Ivano-Frankivsk, 1 km mai sus de oraș</i>
10	<i>Nistru – lacul de acumulare Dnestrovsk, o. Hotin</i>	31	<i>Bistrița-Solotvinsca – or. Ivano-Frankivsk, 0,5 km mai jos de oraș</i>
11	<i>Nistru – lacul de acumulare Dnestrovsk, o. Kormanî</i>	32	<i>Bistrița-Nadvirneansca – s. Pasicine</i>
12	<i>Nistru – lacul de acumulare Dnestrovsk, s. Mihalcove</i>	33	<i>Vorona – orașelul Tismenița</i>
13	<i>Nistru – lacul de acumulare Dnestrovsk, bieful de sus</i>	Afluenții Sectorului de mijloc al r. Nistru	
14	<i>Nistru – Centrala hidroelectrică, s. Naslavcea</i>	34	<i>Zolota Lîps – o. Berejanî, 1 km mai sus de oraș</i>
15	<i>Nistru – or. Moghiliov-Podilskii, 1 km mai sus de oraș</i>	35	<i>Zolota Lîps – o. Berejanî, 0,5 km mai jos de oraș</i>
16	<i>Nistru – or. Moghiliov-Podilskii, 2 km mai jos de oraș</i>	36	<i>Koropeți – o. Pidhaiți</i>
Sectorul inferior al r. Nistru		37	<i>r. Seret – orașelul Velîca Berezovâtea</i>
17	<i>Nistru – s. Maiachi</i>	38	<i>r. Seret – o. Ciortchiv, 6 mai sus de oraș</i>
Afluenții Sectorului superior al Nistrului		39	<i>r. Seret – mai sus de oraș, în limitele orașului</i>
18	<i>Strviaj – o. Hiriv</i>	40	<i>r. Seret – o. Ciortchiv, 1,5 mai jos de oraș</i>
19	<i>Tismenița – o. Drohobici, 1 km mai sus de oraș</i>		

Pentru evaluarea transportării transfrontaliere a substanțelor chimice odată cu scurgerea râului Nistru a fost pusă în funcțiune secțiunea hidrologică de lângă orașul

Moghiliov-Podilskii, ca fiind reper de închidere a părții ucrainene a bazinului Nistrului la trecerea râului în Moldova.

Informația hidrochimică de ieșire pentru perioada 1994-2009 s-a format conform anotimpurilor hidrologice de bază (caracteristice pentru râurile bazinului Nistrului): revărsarea apelor de primăvară, apele joase de vară-toamnă, viiturile de vară-toamnă și apele joase de iarnă. Evaluarea și analiza informației hidrologice, hidrochimice și hidroecologice au fost executate în limita secțiunilor bazinului în funcție de schimbările în structura geologică și condițiile naturale ale sectoarelor bazinului: de Sus (Montană), Centrală (din zona Podolsk), și de Jos (zona Mării Negre). Sectorul bazinului amplasat pe teritoriul Moldovei nu a fost inclus în cercetare.

Caracteristica activității gospodărești în bazinul râului Nistru. Activitatea antropogenă, atât direct, cât și indirect, afectează calitatea apelor curgătoare ale bazinului Nistrului. Condițiile naturale ale teritoriului și necesitățile economiei naționale au contribuit la dezvoltarea pe teritoriul bazinului a industriilor energetice, gazopetroliere, carboniere, chimice, silvice, de prelucrare a lemnului și alimentară, precum și producția din gospodăria agricolă (mai cu seamă în zonele de câmpie ale bazinului). Ținând cont de resursele hidroenergetice considerabile, o mare importanță a căpătat hidroenergetica în bazinul Nistrului. Actualmente, printre cele mai mari instalații gospodărești se numără CHE de la Dnestrovsk, care produce anual în jur de 800 mln. Kw de energie electrică.

În bazinul Nistrului, conform datelor Agenției de Stat a Resurselor de Apă din Ucraina, pentru necesitățile populației și a economiei naționale în anul 2009 au fost utilizați 446,8 mln. m³ de apă, din care 73% – din izvoarele de suprafață și 27% din cele subterane. Respectiv, evacuarea apelor menajere constituia 247,9 mln. m³. Cantitatea apelor poluate constituia 49,9 mln. m³, ape normativ curate neepurate – 97,8 mln. m³, normativ epurate după epurare – 100,3 mln. m³, insuficient epurate – 26,5 mln. m³.

Principalele surse de poluare a apelor curgătoare din bazinul râului Nistru sunt împrinderile industriei petrochimice și de extragere a petrolului, precum și cele de gestionare a fondului locativ. De remarcat că bazinului râului Nistru îi este propriu decalajul teritorial în amplasarea împrinderilor poluante. Cele mai importante se poziționează în sectorul superior al bazinului.

Regimul hidrochimic și scurgerea substanțelor chimice ale râurilor bazinului Nistrului. Regimul hidrochimic al râurilor bazinului Nistrului se formează în condiții fizico-geografice diferite. Asta are impact, mai întâi de toate, asupra particularităților conținutului ionilor principali. Compoziția ionică a apei cursului superior se formează în condițiile reliefului montan, de umiditate ridicată și se caracterizează prin cantități mici de mineralizare și un conținut pronunțat de hidrocarbonat de calciu în ape. În limita zonei de câmpie a bazinului Nistrului, compoziția ionică a apelor de suprafață se formează sub influența rocilor carbonatice și a celor cu depozite de gips ale Podișului Podoliei. De remarcat particularitățile formării compoziției chimice din sectorul Mării Negre a teritoriului cercetat, care se formează sub influența apelor subterane de infiltrare.

Regimul hidrochimic în bazinul râului Nistru după compoziția salină are un caracter sezonier pronunțat, ceea ce are legătură cu schimbul diferitor specii de vieți pe parcursul anului. Precum printre anioni, așa și printre cationi se poate urmări tendința de creștere a conținutului lor în apele fluviale ale bazinului râului Nistru în perioada formării debitelor mai mici. Scăderea concentrației lor se înregistrează în perioada creșterii debitului în apele fluviale (a inundațiilor de primăvară și în perioada viiturilor) (în jur de 70% de puncte de supraveghere) (tabl. 2).

Tabelul 2. Concentrațiile medii ale ionilor principali și a nivelului mineralizării în apele r.Nistru pe diferite sectoare ale bazinului (1994 – 2009), mg/dm³

Râul principal sau afluenții lui	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	Σ_i
Inundațiile de primăvară							
r. Nistru, sectorul superior	136	38	30	50	10	14	286
r. Nistru, sectorul de mijloc	169	64	41	61	13	31	365
r. Nistru, sectorul inferior	204	110,2	54,2	71,0	26,1	40,0	481,1
Afluenții montani ai r. Nistru	120,1	61,1	115,3	39,5	13,2	84,2	427,2
Afluenții sectorului central al r. Nistru	232,8	30,3	28,1	71,9	11,8	17,7	400,5
Etiajul de vară-toamnă							
r. Nistru, sectorul superior	196,4	30,5	44,7	64,9	11,7	23,6	371,7
r. Nistru, sectorul central	182,3	54,8	41,3	58,4	12,5	34,7	411,9
r. Nistru, sectorul inferior	188,4	85,8	43,9	59,1	24,7	43,2	445,1
Afluenții montani ai r. Nistru	146,4	32,7	48,2	46,4	11,4	30,2	315,3
Afluenții sectorului central al r. Nistru	256,4	23,0	28,6	77,2	11,4	17,2	413,9
Viiturile de vară-toamnă							
r. Nistru, sectorul superior	179,5	17,4	28,4	54,8	9,4	15,0	304,4
r. Nistru, sectorul central	184,5	53,3	40,3	57,4	11,2	31,1	404,5
r. Nistru, sectorul inferior	166,4	95	51	48,8	26,7	38	387,9
Afluenții montani ai r. Nistru	126,3	48,1	75,9	43,7	9,4	53,9	357,3
Afluenții sectorului central al r. Nistru	235,8	40,9	25,4	77,7	11,6	15,1	406,5
Etiajul de iarnă							
r. Nistru, sectorul superior	215,7	42,6	51,8	71,6	11,4	34,8	427,9
r. Nistru, sectorul central	199,2	52,6	43,5	67,1	12,7	23,7	420,1
r. Nistru, sectorul inferior	234,6	101,8	59,2	62,0	28,5	40,1	520,0
Afluenții montani ai r. Nistru	141,4	51,7	65,7	48,2	11,8	52,2	371,0
Afluenții sectorului central al r. Nistru	299,3	25,8	31,1	92,3	13,7	18,3	480,5

În dinamica spațială a fost înregistrată regularitatea creșterii concentrației ionilor hrdocarbonați, a ionilor de clor și a ionilor de calciu în direcția de sud-est. Se poate urmări creșterea conținutului acestor indici atât pe lunginea râului, cât și în apele afluenților de stânga (pe sectorul de mijloc al bazinului).

Excepție fac concentrațiile ridicate ale principalilor ioni (de sulf, de clor, de natriu și de potasiu) în apa râului Nistru (lângă orașul Rozdil) și în apa r. Tismenița ce are legătură atât cu particularitățile structurii geologice, cât și cu activitatea întreprinderilor industriale importante (a întreprinderii miniere de la Rozdil „Sirka” și întreprinderea de la Strebniuk „Polimineral”).

Schimbul mineralizării în apele fluviale ale bazinului Nistrului se caracterizează printr-o sezonalitate strictă, care se explică prin influența schimbului diferitor specii de vietăți pe parcursul anului. Cele mai mici valori de mineralizare a apei r. Nistru au fost înregistrate în timpul inundației de primăvară și a viiturilor de vară-toamnă (respectiv 337mg/dm³ și 333 mg/dm³), mărindu-se în perioadele de etiaj până la 400 mg/dm³ (vezi tab. 2). Condiționalitatea depistată dintre mineralizare și debit de apă se manifestă și în afluenții bazinului. Pentru stabilirea corelației dintre gradul de mineralizare și debitul de apă a fost analizată variabilitatea indicilor mineralizării și a consumului de apă în r. Nistru (or. Zalișciki) în anii bogați, săraci în debit de apă, precum și în anii cu un debit de apă moderat. Analiza comparativă a arătat că în toți anii schimbul nivelului de mineralizare fluctua în funcție de consumul de apă din r. Nistru cu o condiționalitate

invers proporțională. Evaluarea relației de cauzalitate dintre consumul de apă și gradul de mineralizare în r. Nistru a fost efectuată de asemenea cu ajutorul coeficientului par de corelație (r), care a demonstrat legătura inversă. Corelația dintre indicatorii dați se descrie prin funcția logaritmică pentru sectorul montan ($\sum_i = -58,8 \ln(Q) + 510,7$; $r = -0,52$) și cu cea liniară pentru sectorul de câmpie al râului ($\sum_i = -0,214Q + 389,2$; $r = -0,78$).

Pentru apele fluviale din bazinul Nistrului este proprie corelația între distribuția zonală a gradului de mineralizare a apelor fluviale din bazinul Nistrului și particularitatea solurilor, distribuția sumelor precipitațiilor medii anuale și landșaft. Mineralizarea generală a râurilor bazinului Nistrului crește din direcția nord-vest spre direcția sud-est. De remarcat este valoarea maximală a mineralizării în apa râului Tismenița (până la 800 mg/dm^3) ce este condiționată de particularitățile hidrogeoeologice ale zonei respective. În zona or. Drohobici apele depunerilor aluviale sunt condiționate de apele depunerilor de sare ale miocenului inferior, ceea ce ridică gradul de mineralizare a apelor subterane până la $2,3 \text{ g/dm}^3$. De asemenea, în zona bazinului r. Tismenița sunt amplasate obiecte industriale de mare importanță (de exemplu S.A. „Galicina”, „Borislavvodokanal”), care cauzează o influență antropogenă considerabilă asupra r. Tismenița prin scurgerea apelor uzate și astfel pot influența asupra compoziției saline naturale a apei râului.

În toate anotimpurile în apele bazinului Nistrului, cu excepția r. Tismenița, predomină ionii hidrocarbonați și de calciu. Aceasta este condiționat de influența rocilor carbonice și a celor cu depozite de gips răspândite în bazinele de acumulare. Are loc prezența schimbărilor zonale în corelația ionilor principali, care este supravegheată de raionarea hidrochimică executată în bazinului (după formula lui Kurlov), adică în direcția de sud-est se micșorează partea echivalentului ionilor hidrocarbonați și a ionilor de calciu (respectiv HCO_3^- de la 60% - echiv. la 45% - echiv.; Ca^{2+} de la 61% - echiv. la 40% - echiv.) și se mărește partea echivalentului ionilor de sulf și de magneziu (de la 9% - echiv. la 32%). Regimul de gaze al apelor fluviale ale bazinului Nistrului se caracterizează prin schimbări spațiale. Pe fondul conținutului normativ pH pe toate secțiunile cercetate au fost depistate valori ridicate și chiar depășind norma admisibilă a indicelui de hidrogen în apa r. Seret. (or. Velîca Berezovîtea), ceea ce este condiționat de scurgerea apelor menajere în or. Velîca Berezovîtea. Regimul de oxigen în r. Tismenița este cel mai rău ($6,1-7,4 \text{ mg/dm}^3$ din oxigen și 45% - 60 % intensitatea), ceea ce este condiționat de poluarea organică a râului de întreprinderile industriale și gospodărești din or. Borislav. În apa r. Nistru un conținut minim de hidrogen în toate anotimpurile a fost depistat în bazinul de acumulare Dnestrovsk (în jur de 9 mg/dm^3), ceea ce este condiționat de consumul unei cantități impunătoare de oxigen pentru oxidarea substanțelor organice prezente în apa bazinului de acumulare. Afluenții de stânga – rr. Seret și Zolota Lipa se remarcă prin valori excesive ale indicilor CBO_5 , ceea ce este condiționat de supraîncărcarea antropogenă, mai ales de scurgerea apelor menajere poluate și a celor industriale de întreprinderile din sectorul alimentar, care sunt concentrate în aceste bazine.

Rezultatele obținute prin analiza conținutului substanțelor biogene în apele fluviale ale bazinului Nistrului ilustrează perfect dinamica lor spațială. Prin valori ridicate ale compușilor minerali ai azotului se remarcă apele bazinului de acumulare Dnestrovsk, ceea ce indică eutrofizarea rezervoarelor de apă în limita bazinului de apă și o oarecare creștere a lor în apele afluenților de câmpie ale bazinului (rr. Zolota Lipa și Seret), ceea ce este condiționat de utilizarea activă a acestui sector de bazin în gospodăria agricolă. Creșterea nitraților în apele fluviale ale Nistrului în perioada inundațiilor de primăvară este condiționată, pe de o parte, de spălarea nitraților din soluri, iar pe de altă parte de nitrificarea intensivă a substanțelor organice ce se găsesc în apă.

Printre microelementele cercetate, o atenție deosebită necesită conținutul general de fier, deoarece concentrația lui în apele fluviale ale bazinului Nistru se remarcă pe fundalul altor microelemente și deseori nu cedează concentrației ionilor principali. Valorile maxime de Fe_{gen} în apele fluviale ale bazinului au fost depistate în perioada debitelor de apă ridicate, în timpul umplerii albiilor cu ape din viituri, anume în perioada inundațiilor de primăvară și a viiturilor de vară-toamnă. Astfel, pe un sector cu maximum de Fe_{gen} în aceste perioade revine 80% din valorile maxime pe secțiunile r. Nistru și 86% pe secțiunile afluenților r. Nistru. Acest fenomen este legat de procesele de spălare a compușilor de fier (precum fosfații și nitrații) de pe straturile de sol ale bazinului de acumulare.

În linii generale, cercetarea regimului hidrochimic al microelementelor și a substanțelor poluante specifice în apa r. Nistru și a afluenților săi nu întotdeauna reflectă legitatea generală a distribuirii acestor indici după sezonabilitate. Creșterea concentrației în timpul inundațiilor de primăvară și a viiturilor se stabilește pentru anumite microelemente și produse petroliere prin spălarea lor de pe suprafața bazinului de acumulare.

Scurgerea substanțelor chimice. Pentru cercetarea scurgerii substanțelor chimice cu apele r. Nistru pe teritoriul Moldovei a fost selectat postul hidrologic amplasat în or. Moghiliiov-Podilskii. Alegerea acestei secțiuni a râului a fost condiționată de amplasarea ei înainte de trecerea în Moldova și existența unei cantități suficiente de informație. Distanța de la post până la gura de vărsare a râului constituie în jur de 630 km, iar suprafața bazinului de acumulare – 43000 km².

După rezultatele cercetării, gradul mediu anual a scurgerii de ioni cu apele r. Nistru pe secțiunea or. Moghiliiov-Podilskii pentru perioada din 1994 până în 2009 constituie 3354,1 mii t/an și 78,0 t/km²(tabl. 3).

Tabelul 3. Scurgerea de ioni medie anuală și sezonieră cu apele Nistrului de pe teritoriul Ucrainei pentru anii 1994-2009 (sub linie – mii t; pe linie – t/km²)

Sezoanele	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	Σ_i
Inundația de primăvară	<u>810,4</u> 18,8	<u>140,7</u> 3,3	<u>131,1</u> 3,0	<u>249,8</u> 5,8	<u>56,7</u> 1,3	<u>77,0</u> 1,8	<u>1463,0</u> 34,0
Etiajul de vară-toamnă	<u>245,1</u> 5,7	<u>37,9</u> 0,9	<u>36,8</u> 0,8	<u>68,2</u> 1,6	<u>15,0</u> 0,3	<u>38,4</u> 0,9	<u>443,5</u> 10,3
Viiturile de vară-toamnă	<u>671,8</u> 15,6	<u>90,3</u> 2,1	<u>97,5</u> 2,3	<u>189,2</u> 4,4	<u>36,3</u> 0,8	<u>89,1</u> 2,0	<u>1166,3</u> 27,1
Etiajul de iarnă	<u>158,8</u> 3,7	<u>24,3</u> 0,6	<u>26,4</u> 0,6	<u>47,8</u> 1,1	<u>9,6</u> 0,2	<u>17,6</u> 0,4	<u>281,3</u> 6,5
Anual	<u>1886,1</u> 43,9	<u>293,2</u> 6,8	<u>291,8</u> 6,8	<u>555</u> 12,9	<u>117,6</u> 2,7	<u>222,1</u> 5,2	<u>3354,1</u> 78,0

Schimbările scurgerii de ioni în timpul anului se caracterizează prin fluctuații în funcție de schimbările în scurgerea de apă.

Cantitatea maximă de ioni dizolvați se evacuează în timpul inundațiilor de primăvară (44%), ceva mai puțin – în perioada viiturilor de vară-toamnă (35%), și cea mai puțină – în timpul etiajului de iarnă (8%). În perioada etiajului de vară-toamnă cantitatea scurgerii de ioni constituie 13% (vezi tab. 3).

În scurgerea substanțelor biogene, dominant este siliciu (32,3 mii t/an). În distribuirea de-a lungul anului (sezonieră) a substanțelor biogene, majoritatea lor se evacuează cu apele Nistrului pe teritoriul Moldovei în timpul viiturilor de vară-toamnă și a inundațiilor de primăvară. Valoarea minimă a scurgerii substanțelor biogene, conform tuturor indicilor, este proprie etiajului de iarnă.

Particularitățile scurgerii microelementelor au fost următoarele: valorile maxime s-au înregistrat în timpul inundațiilor de primăvară – 38-47%, în timpul viiturilor de vară-

toamnă – 35-43%, în perioada etiajului de vară-toamnă – 8-21%, cele mai mici valori – în timpul etiajului de iarnă (4-6%).

Evaluarea ecologică a calității apelor de suprafață din bazinul r. Nistru.

Pentru cercetarea calității apei în prezenta lucrare a fost aplicată „Metodologia evaluării ecologice a apelor de suprafață după categoriile corespunzătoare” (anul 1999), care satisface necesitățile prezente și este întocmită în conformitate cu legislația ucraineană de ocrotire a naturii. Criteriul de bază a evaluării ecologice a calității apelor de suprafață după categoriile aferente constituie sistemul clasificării ecologice, care se bazează pe indecșii ecologici în bloc (I_1 , I_2 , I_3) și integral (I_E). Cu ajutorul acestor indecși se remarcă apartenența apelor la o anumită clasă și categorie de calitate a apei prin aplicarea clasificărilor ecologice conform criteriilor corespunzătoare.

După „Metodologia evaluării ecologice a apelor de suprafață după categoriile corespunzătoare” a fost efectuată evaluarea calității apelor fluviale ale bazinului Nistrului pentru perioada 1994 – 2009 în conformitate cu sezoanele menționate mai sus: a inundațiilor de primăvară, a etiajului de vară-toamnă, a viiturilor de vară-toamnă și a etiajului de iarnă.

După valorile mineralizării apelor de suprafață, r. Nistru, în sezoanele cercetate, se referă la apele dulci. După criteriile poluării conținutului de sare, apele (I_1) r. Nistru se caracterizează prin categoriile 1-2 din I clasă (în stare „excelentă”, „foarte curate” după gradul de puritate) și a II clasă (în stare „bună”, „curate” după gradul de puritate) de calitate a apelor. Apele afluenților bazinului Nistru se referă în 70% din cazuri la categoria 1 din clasa I (în stare „excelentă”, „foarte curate” după gradul de puritate), iar în 22% din cazuri – la categoria 2 din clasa a II (în stare „bună”, „curate” după gradul de puritate) de calitate a apelor. Conținutul de sare al apei r. Tismenița este deosebit. După valorile mineralizării, în distribuția internă, apele râului se schimbă de la dulci la salmastre și calitatea lor variază de la a 3 categorie din clasa a II (în stare „bună”, „destul de curate” după gradul de puritate) la a 6 categorie din clasa a IV (în stare „rea”, „poluate” după gradul de puritate) de calitate a apelor.

Conform analizei indicilor medii de lungă durată și indicilor trofo-saprobiologici sezonieri (I_2), apele r. Nistru și ale afluenților săi pe perioada cercetării se refereau la categoriile 3 – 4, clasele II-III de calitate a apelor (în stare „bună” și „satisfăcătoare” și „destul de curate” și „ușor poluate” după gradul de puritate) ceea ce le caracterizează drept mezoeutrofe și eutrofe după troficitate și β -mezosaprobe după saprobitate.

Valorile medii ale indecșilor blocului substanțelor specifice de acțiune toxică pentru perioada cercetată se schimbau în apa r. Nistru în limitele categoriilor 2 – 5 (în stare „bună”-„satisfăcătoare” și „curate”-„poluate” după gradul de puritate). Majoritatea valorilor indecșilor în bloc (I_3) se caracterizează prin categoria 4 din clasa a III („destul de curate” și „ușor poluate” după gradul de puritate) de calitate a apei. Într-un raport spațial, calitatea apei după indicii substanțelor specifice de acțiune toxică se înrăutățește în punctele de monitorizare amplasate mai jos de localități.

În conformitate cu analiza orară multianuală a dinamicii valorilor medii integrale ale indecșilor ecologici (I_E), calitatea apei r. Nistru și a afluenților săi se caracterizează prin categoria 3 din clasa II (în stare „bună”, „destul de curate” după gradul de puritate) de calitate a apei.

După mărimea indexului ecologic integral (I_E), precum și după mărimile sus-menționate ale indecșilor în bloc (I_1 , I_2 , I_3), se distinge calitatea apei în r. Tismenița. După evaluarea ecologică integrală, calitatea apei în r. Tismenița se caracterizează drept „medie” după stare, „ușor poluată” după gradul de puritate (categoria 5 din clasa III de calitate a apei).

În raport spațial, calitatea apelor fluviale ale bazinului r. Nistru, după mărimea indexului ecologic integral (I_E), se adevărește ceva mai bună în sectorul de mijloc al bazinului (în zona bazinului de acumulare Dnestrovsk). Valorile indexului ecologic

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

integral sus-menționate, care se înregistrează în sectorul de sus al bazinului râului, sunt legate de concentrarea considerabilă acolo a obiectelor industriale, care au un impact negativ asupra calității apei în această parte a bazinului. În schimbările orare ale mărimilor indecșilor în bloc și integrali ecologici de calitate a apelor se remarcă tendința spre micșorarea valorilor lor pe perioada cercetată, mai cu seamă de la sfârșitul anilor 90 ai sec. XX, ceea ce vorbește despre îmbunătățirea apelor fluviale ale bazinului r. Nistru.

În lucrare se menționa calitatea apei după metodologia aprobată și după cei mai răi indici hidrochimici. Mai cu seamă, valorile indexului ecologic integral (I_E) după cei mai răi indici hidrochimici variaua în limita 3,8-5,7 în apa râului Nistru (categoriile 4-6 din clasele III-IV de calitate a apei) și 4,6-6,1 în apele afluenților r. Nistru (categoriile 5-6 din clasele III-IV de calitate a apei). Aportul maxim în mărirea indexului ecologic integral (I_E) realizează blocul substanțelor specifice de acțiune toxică.

Rezultatele analizei comparative ale schimbărilor mărimilor indecșilor în bloc și integrali ecologici de calitate a apei, în conformitate cu schimbările interne, au confirmat o oarecare modificare a calității apelor fluviale din bazinul Nistru în sezoane hidrologice diferite. Cea mai mică dependență caracteristică blocului salin (în 70% de puncte de supraveghere calitatea apei nu se modifica în concordanță cu debitul râurilor). Cele mai mari diferențe în starea calității, în perioade diferite ale debitului de apă erau caracteristice pentru blocul substanțelor specifice de acțiune toxică.

Bibliografie

1. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України / [В. К. Хільчевський, О. М. Гончар, М. Р. Забокрицька та ін.] / за ред. В. К. Хільчевського та В. А. Сташука. – К. : Ніка-Центр, 2013. – 256 с.

Regimul hidrochimic și calitatea apelor de suprafață ale bazinului Nistru teritoriul Ucrainei Hilcevschi V.K., Gonciar O.M., Zabocrîța M. R.

A fost caracterizat regimul hidrochimic și calitatea apei râurilor bazinului transfrontalier Nistru (în limitele Ucrainei) în perioada 1994-2009 în timpul inundațiilor de primăvară, a etiajului de vară-toamnă, a viiturilor de vară-toamnă și a etiajului de iarnă. Au fost utilizate datele Serviciului Hidrometeorologic de Stat din Ucraina după 40 de puncte de supraveghere. Au fost arătate diferențele în formarea regimurilor hidrologice și hidrochimice pe sectoarele muntoase și de câmpie ale bazinului, precum și în uii afluenți (mai ales în r. Tismenița, care are un grad ridicat de mineralizare).

Cuvinte cheie: bazinul, regimul hidrochimic, scurgerea substanțelor chimice, evaluării ecologice, calitatea apei.

Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України Хільчевський В.К., Гончар О.М., Забокрицька М.Р.

Охарактеризовано гідрохімічний режим та якість води річок транскордонного басейну Дністра (в межах України) за період 1994-2009 рр. під час весняної повені, літньо-осінньої межени, літньо-осінніх паводків та зимової межени. Використано дані Гідрометслужби України за 40 пунктами спостережень. Показано відмінності у формуванні гідрологічного і гідрохімічного режиму в гірській та рівнинній частині басейну, а також деяких приток (зокрема, р. Тисмениця, яка має підвищену мінералізацію води).

Ключові слова: басейн, гідрохімічний режим, стік хімічних речовин, екологічна оцінка, якість води.

Гидрохимический режим и качество поверхностных вод бассейна Днестра на территории Украины

Хильчевский В.К., Гончар О.Н., Забокрицкая М.Р.

Охарактеризован гидрохимический режим и качество воды рек трансграничного бассейна Днестра (на территории Украины) за период 1994-2009 гг. во время весеннего половодья, летне-осенней межени, летне-осенних паводков, а также зимней межени. Используются данные Гидрометслужбы Украины по 40 пунктам наблюдения. Показаны отличия в формировании гидрологического и гидрохимического режима в пределах горной и равнинной части бассейна, а также некоторых приток (а именно, р. Тисменицы, которая имеет повышенную минерализацию воды).

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

Ключевые слова: бассейн, гидрохимический режим, сток химических веществ, экологическая оценка, качество воды.

The hydrochemical regime and water quality of the Dniester surface water basin in Ukraine
Khilchevsky V. K., Gonchar O. M., Zabokrycka M. R.

Hydrochemical regime and water quality of transboundary river Dniester basin (in Ukraine) for the period of 1994-2009 during the spring flood, summer-autumn mean water, summer-autumn flood, winter mean water have been highlighted. Hydrometeorological data for 40 items have been used. Differences in the formation of hydrological and hydrochemical regime in highland and lowland parts of the basin and some river tributaries (in particular the Tysmennytsya river, which has a high mineral content water) have been introduced.

Keywords: basin, hydro-chemical regime, chemical substances runoff, ecological assessment, water quality.

Надійшла до редколегії 11.02.2013

УДК 556.114

Перевозчиков И. М., Савицкий В. М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ТА ЯКІСТЬ ВОДИ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ

Ключові слова: хімічний склад, гідрохімічний режим, якість річкових вод

Актуальність питання. Басейн річки Інгулець є одним із найважливіших природно-господарських об'єктів України, який вимагає постійної уваги до себе як з боку науковців, різних водогосподарських структур, так і суспільства в цілому.

Річка Інгулець хоч і відносно невелика за водністю та площею басейну, однак в порівнянні з іншими притоками Дніпра є дуже важливим водним об'єктом для економіки нашої держави, адже саме на ній знаходиться величезний промисловий, гірничо-металургійний комплекс – м. Кривий Ріг. На сьогодні через значну кількість підприємств Кривбасу і Дніпровського буровугільного басейну (в тому числі і екологічно небезпечних), високий рівень урбанізації басейну річки, використання вод Інгулецькою зрошувальною системою, а також внаслідок особливостей його фізико-географічних умов виникла ціла низка складних гідроекологічних та інших проблем.

Аналіз останніх досліджень. Перші наукові дослідження гідрохімічного режиму та хімічного складу води річки Інгулець почалися у 50-х роках ХХ ст. у зв'язку з будівництвом Інгулецької зрошувальної системи. В подальшому дослідження та оцінка складу і якості вод Інгульця були значно розширені. Значний внесок у цих роботах належить вченим Київського національного університету імені Тараса Шевченка – Горєву Л.М., Пелешенку В.І., Хільчевському В.К., а також Руденку Р.В., Медведю В.М., Кравчинському Р.Л. [1, 6, 8].

Постановка завдання. Завдання даної роботи полягало у вивченні та оцінці хімічного складу та якості поверхневих вод р. Інгулець за період 2000 - 2010 рр.

На сьогоднішній день існує багато методик комплексної оцінки якості вод. Найпоширенішою є методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями (тобто, за компонентами сольового складу, еколого-санітарними або трофо-сапробіологічними показниками та специфічними речовинами токсичної дії). Для оперативного дослідження якості річкових вод можна застосувати також такий показник як, ІЗВ (індекс забруднення води). Оцінювання за цим показником дає змогу швидко виконати оцінку якості річкових вод незалежно від наявності у них окремих забруднювальних речовин, виявити

динаміку якості води у часі.

Матеріали та методика дослідження. На першому етапі проведення виконаної роботи було зібрано та систематизовано низку архівних і літературних матеріалів, що висвітлюють результати досліджень, які проводилися у басейні р. Інгулець раніше [1, 6, 8]. Це дало змогу визначити основні напрямки досліджень гідрохімічного режиму та якості вод Інгульця. Для цього були використані вихідні матеріали Центральної геофізичної обсерваторії МНС України.

Для відповідних розрахунків і оцінок використані гідрохімічні дані по трьом пунктам постійного відбору проб, які відносяться до III категорії та розташовані на річці Інгулець: в 1 км вище м. Кривий Ріг, 1 км нижче м. Кривий Ріг, с. Садовому (1,2 км нижче села) за період 2000-2010 рр. На даних пунктах проби беруться щомісячно, хімічний аналіз води проводиться за програмами: А, В, С, D, E, Y, F.

Для перших двох пунктів відсутні ряди спостережень від 2000 по 2004 рр. Це пояснюється тим, що на цих пунктах постійні щомісячні гідрохімічні спостереження почалися з 2004 р.

Для досліджень якості річкових вод (за величинами ІЗВ) були відібрані наступні показники: загальна мінералізація, фосфати, розчинений кисень, азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, БСК₅ (біохімічне споживання кисню за п'ять діб), рівень рН, завислі речовини.

Для того щоб порівняти якість вод у різних створах використовували критерії класи якості води, наведені у табл.1 [9].

**Таблиця 1. Критерії оцінки якості поверхневих вод за ІЗВ
(без врахування водності)**

<i>Клас якості вод</i>	<i>Текстовий опис</i>	<i>Величина ІЗВ</i>
I	Дуже чиста	$\leq 0,3$
II	Чиста	$> 0,3 - 1$
III	Помірно забруднена	$> 1 - 2,5$
IV	Забруднена	$> 2,5 - 4$
V	Брудна	$> 4 - 6$
VI	Дуже брудна	$> 6 - 10$
VII	Надзвичайно брудна	> 10

Отримані результати. На даний час гідрохімічний режим Інгульця в значній мірі зумовлюється господарською діяльністю людини. Відчутного антропогенного впливу не зазнало тільки верхів'я ріки до с. Протопопівка Кіровоградської області, яке розташоване приблизно за 60 км від витоків.

Систематичні дослідження хімічного складу вод Інгульця, показують, що мінералізація води річки є досить значною, зумовлено це характером підземного живлення. На формування стоку хімічних речовин значний вплив здійснюють засолені морські відклади, багаті солями NaCl і CaSO₄, які дренируються річковими водами. Мінералізація річкової води зростає у міру віддалення від витоків річки, причому одночасно змінюється і її іонний склад. Так, у верхів'ях річки цей показник у межений період становив 600-800 мг/дм³, вода належала до гідрокарбонатного класу кальцієвої групи (C_{II}^{Ca}). В нижній течії у цей же період вона досягла 1200-1300 мг/дм³ і належала до хлоридного класу натрієвої групи (C_{III}^{Na}) [8].

Середнє мінімальне значення мінералізації спостерігалось у період весняної повені. Під час літньо-осінньої межени концентрація головних іонів у воді збільшується і в період зимової межени зменшується. Максимальні значення мінералізації, які спостерігаються в 30 км від м. Снігурівки, становили 1670-3550 мг/дм³. Ці концентрації перевищують мінімальні у 2-3 рази, що свідчить про значну мінливість мінералізації річкової води [7].

За гідрохімічним режимом виділяють три частини річки : верхня (від м. Олександрія до м. Кривий Ріг), середня (від м. Кривий Ріг до м. Снігурівка), нижня (від м. Снігурівка до гирла).

У *верхній частині* річки хімічний склад води та гідрохімічний режим залежить від обсягу подачі дніпровської води по каналу Дніпро-Інгулець. В останні роки обсяги подачі води по каналу зменшуються, що сильно впливає на гідрохімічний та гідроекологічний стан усієї річки. Кисневий режим у верхів'ї Інгульця характеризується відносно добрими показниками і має виражені річні зміни: в період зимової межені вміст розчиненого кисню у воді досягає свого максимального значення; під час весняної повені поступово зменшується досягаючи мінімальних значень у літньо-осінній меженний період.

Мінімальний вміст таких біогенних речовин, як NH_4^+ (сольовий амоній) та NO_2^- (нітрити) спостерігався у зимову межень, під час весняного водопілля їх концентрації дещо підвищуються і у літній меженний період досягають максимальних значень. Натомість мінімальний вміст мінерального фосфору у воді спостерігається під час весняної повені, а максимальний – у зимову та літньо-осінню межень.

Концентрації мікроелементів Fe, Cu, Zn мають чітко виражену сезонність: мінімальні значення – в період весняної повені, максимальні – зимової межені [1, 6, 8].

У середній частині Інгулець протікає по території Криворізького територіально-виробничого комплексу. Провідна роль у промисловості цього регіону належить підприємствам гірничовидобувної промисловості, чорної металургії, металообробки, машинобудування та паливної енергетики. Тут знаходиться найбільша кількість екологічно небезпечних об'єктів річкового басейну, які опосередковано чи безпосередньо впливають на гідрохімічний режим річки. Тому впродовж року концентрації окремих шкідливих речовин та інших екологічно важливих показників у її водах мають досить високі значення. Максимальні величини мінералізації води (до 1500 мг/дм^3) у внутрішньорічному циклі спостерігаються в період зимової межені. Під час скидів виробничих стічних вод підприємств Кривбасу мінералізація води може досягати 8000 мг/дм^3 . Мінімальні значення (1320 мг/дм^3) характерні для весняного водопілля [4].

У середній течії Інгульця у порівнянні з верхів'ям річки спостерігається зменшення насичення води киснем, яке становить 61-79%, а значення БО (біхроматна окиснюваність) та BSK_5 – на 15% вищі; підвищення концентрації CO_2 зростає у 2-2,5 рази; зменшення pH складає до 7,5-7,8, що пояснюється впливом скидів у річку шахтних та рудничних вод Кривбасу (pH цих вод може сягати 1,0).

Максимальні значення NH_4^+ та PO_4^{3-} мають місце в період літньо-осінньої межені; вміст у воді NO_3^- (нітратів) – під час зимової межені.

Серед мікроелементів чіткий сезонний розподіл виявлено для міді, марганцю – максимальні показники в зимову межень та для цинку – в період літньо-осінньої межені [1, 6, 8].

Незважаючи на зменшення кількості водозаборів на цій ділянці річки, скорочення промислового виробництва та обсягів скидів використаної води гідроекологічний стан на території Криворізького ТВК Інгульця та в його межах за гідрохімічними показниками погіршується.

У нижній течії річки хімічний склад води та її гідрохімічний режим є найкращим. Мінералізація води на цій ділянці протягом всього року не перевищує 400 мг/дм^3 . І лише під час скидів промислових стічних вод підприємств Кривбасу сума головних іонів інколи збільшується до 3500 мг/дм^3 , при цьому зростають концентрації важких металів та специфічних забруднювальних речовин. Це пояснюється тим, що дана частина Інгульця постійно знаходиться в залежності від

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

р. Дніпра, води якого поширюються і змішуються із інгулецькою на відстані не менше ніж 70-80 км вверх по руслу річки («анти-ріка»). Винятком є лише період водопілля коли інгулецька вода витісняє дніпровську. Через це змінюється не тільки мінералізація, а й співвідношення іонів сольового складу води. Так, в меженний період вода вище м. Снігурівки характеризувалася індексом Cl_{III}^{Na} , в той же час у гирлі Інгульця індекс води був таким, як у дніпровської води – Cl_{II}^{Ca} [3].

Газовий режим характеризується найкращими показниками: вміст розчиненого кисню у воді сягає 80-85% насичення; мінімальний вміст CO_2 спостерігається в період літньо-осінньої межені, максимальний – у період зимової межені. Мінімальні значення БО спостерігалися у період весняної повені, максимальні – під час зимової межені. БСК₅ має обернений до БО зв'язок: мінімальні значення характерні для зимової межені, максимальні – весняної повені.

Найбільший вміст у воді іонів NH_4^+ та NO_2^- спостерігається в період весняної повені. Під час літньо-осінньої межені їх концентрації дещо зменшується і в період зимової межені сягають мінімальних значень. Спостерігається чітка сезонність у розподілі концентрацій специфічних забруднювальних речовин: максимальні концентрації СПАР (синтетичні поверхнево активні речовини), фенолів та нафтопродуктів спостерігаються в період літньо-осінньої межені, мінімальні – під час зимового меженного періоду [1, 5].

Щорічно з водами Інгульця виносяться близько 1 млн. т розчинених хімічних речовин: 95% - головні іони, 3% - біогенні речовини, 2% - мікроелементи та специфічні забруднювальні речовини. Стік розчинених речовин з басейну Інгульця фактично не впливає на гідроекологічний стан нижньої ділянки Дніпра [2].

Промивка русла р. Інгулець. Напередодні чергового сезону, перед початком роботи Снігурівської насосної станції, здійснюється промивка річки для витіснення забрудненої води, що надходить з Кривбасу більш чистою водою. Зазвичай скидні витрати знаходяться в межах 25-50 м³/с, тривалість промивки дорівнює 25-30 діб. Така промивка здійснюється скиданням води з Карачунівського водосховища. Інколи промивка розпочинається із р. Саксагані. Певну роль у скидах відіграє дніпровська вода, що подається каналами Дніпро – Кривий Ріг та Дніпро – Інгулець. Регламент промивки має враховувати скидні витрати води Каховської ГЕС. При значних скидах, коли рівні в нижній частині Дніпра є високими, здійснити витіснення забрудненої води дуже складно, тому що р. Інгулець знаходиться у цей час у підпорі [2].

Оцінка рівня забруднення р. Інгулець була виконана за трьома пунктами спостережень на основі обрахування індексів забрудненості вод (ІЗВ).

Для всіх трьох пунктів характерно, що концентрації фосфатів, азоту нітритного, нафтопродуктів та азоту амонійного є досить малими у порівнянні із гранично допустимими концентраціями (ГДК), але для останнього спостерігалися наближені до ГДК значення у чотирьох випадках на трьох пунктах спостережень (вище Кривого Рогу - в 2005 та 2008 рр., нижче Кривого Рогу – 2005 р., с. Садове – 2006 р.) . Показник рН не перевищує у жодному з випадків ГДК, але наближається до нього на пункті 1км вище Кривого Рогу в період з 2005 по 2009 рр. та на пункті 1 км нижче Кривого Рогу в 2005 та 2007-2009 рр. Вміст розчиненого кисню не є меншим на всіх пунктах протягом усіх років спостережень за рівень гранично допустимих концентрацій. Показники мінералізації (суми іонів) та БСК₅ слугують винятками в порівнянні із попередніми показниками.

Мінералізація перевищувала ГДК у першому пункті (1 км вище м. Кривий Ріг) у 2005, 2007 та 2008 рр., всі інші значення є наближеними до неї. Це пояснюється тим, що річка природно має досить високу мінералізацію через фізико-географічні особливості басейну. Також для цього пункту спостерігалось перевищення ГДК

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

Таблиця 2. Класифікація якості води р. Інгулець за величиною ІЗВ за період 2000-2010рр.

Текстовий опис	р. Інгулець – 1 км вище м. Кривий Ріг						р. Інгулець – 1 км нижче м. Кривий Ріг						р. Інгулець – с. Садове								
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,7	ІІ клас, чиста	0,6	0,7
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,7	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	ІІ клас, чиста	0,8	0,6
ІІ клас, чиста	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, чиста	0,9	0,8	ІІІ клас, помірно забруднена	1	ІІ клас, ч						

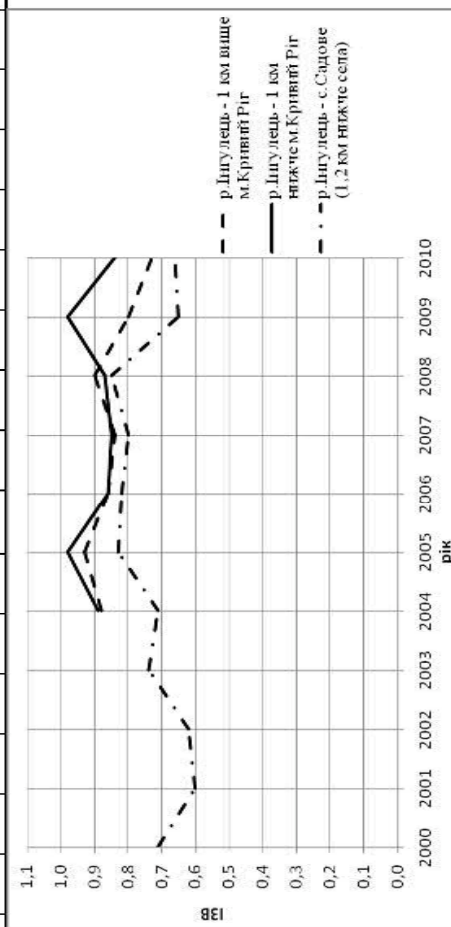


Рис. 1. Динаміка показників ІЗВ р. Інгулець за 2000-2010 рр.

БСК₅ у 2005 році, але воно було незначним. Для другого пункту (1 км нижче м. Кривий Ріг) характерно, що протягом всього періоду спостережень (з 2004 по 2010 р.) показник мінералізації не був нижчим за рівень ГДК і варіювався від 1230 до 1830 мг/дм³. Це можна пояснити як природними факторами регіону так і антропогенним впливом. У 2009 році значення БСК₅ зросло і відчутно перевищувало ГДК. Третій пункт спостережень (с. Садове (1,2 км нижче села) відображає активну дію дніпровських вод внаслідок утворення «анти-ріки». Внаслідок цього мінералізація інгулецьких вод є незначною, навіть малою. Виключенням є період 2005–2007 рр. коли значення показника суми іонів, навіть перевищувало ГДК і коливалось від 1213 до 1462 мг/дм³. Виходячи із цього можна зробити висновок, що у цей період «анти-ріка», мало впливала на хімічний склад інгулецьких вод. Значення БСК₅ перевищувало ГДК у 2000, 2010 та 2003-2008 рр., в інші роки його величини тільки наближалися до гранично допустимих концентрацій (табл. 2).

Як витікає з табл. 2 більшість значень ІЗВ на всіх досліджених пунктах не перевищували одиницю. Це дає змогу віднести води до II класу та оцінити їх як чисті. Але на першому пункті (1 км вище м. Кривий Ріг) у 2004, 2005, 2006, 2008 роках та на другому пункті (1 км нижче м. Кривий Ріг) у 2004, 2006, 2008 роках величини ІЗВ склали 0,9, що є близьким до верхньої межі чистих вод. Тільки на одному пункті (1 км нижче м. Кривий Ріг) в 2005 та 2009 роках цей показник дорівнював одиниці, тобто води р. Інгулець у ці роки були помірно забруднені та відносилися до III класу. Загальна динаміка дослідження вод у часі (за величинами ІЗВ) представлена на рис.1.

Висновки. Річка Інгулець протікає по території степової зони і характеризується основними особливостями річок степу України. Мінералізація у верхів'ях річки у меженний період становить 600-800 мг/дм³, вода належить до гідрокарбонатного класу кальцієвої групи (С_{II}^{Ca}). Однак, в нижній течії у цей же період вона досягає 1200-1300 мг/дм³ і належить до хлоридного класу натрієвої групи (С_{III}^{Na}).

За гідрохімічним режимом можна виділити три частини річки: верхню (від м. Олександрія до м. Кривий Ріг), середню (від м. Кривий Ріг до м. Снігурівка), нижню (від м. Снігурівка до гирла).

Основним забруднювачами р. Інгульця є підприємства у районі Кривого Рогу. Серед них провідними є гірничо-збагачувальні комбінати та інші промислові підприємства. Головними акумуляторами скидних вод є хвостосховища гірничо-збагачувальних комбінатів, до яких крім хвостів рудозбагачення та оборотних вод скидаються забруднені води більшості шахт, а також частково очищені побутові стічні води міськводоканалу.

Оцінка якості води р. Інгулець виконана за величинами ІЗВ показала, що такий підхід є досить прийнятним для загального порівняння і оцінки якості річкових вод незалежно від наявності різних забруднювальних речовин та їх динаміки у часі. Ця методика є орієнтованою, оперативною та у більшості випадків його краще використовувати для швидкої оцінки хімічного стану води у річці при виникненні екстрених ситуацій.

Список літератури

1. Гідроекосистема Криворізького басейну – стан і напрямки поліпшення / [І. Д. Багрій, П. Ф. Гожик, Е. В. Самоткал та ін.]. – К. : Фенікс, 2005. – 216 с.
2. Вишневецький В. І. Річки і водойми України. Стан і використання / В. І. Вишневецький. – К. : Віпол, 2000. – 376 с.
3. Гидрохимическая характеристика низовьев рек Днепра и Ингульца и прогноз режима Каховского водохранилища. – К. : АН УРСР, 1954. – 108 с.
4. Закревський Д. В. Сток химических компонентов рек Украинской ССР / Д. В. Закревский, В. И. Пелешенко, В. К. Хильчевский // Водные ресурсы. – 1988. – Т. 15, №6. – С. 63-73.
5. Кононенко Г. Д. Гідрохімія ставів і малих водосховищ України / Г. Д. Кононенко – К. :

Наук. думка, 1971. 6. Кравчинський Р. Л. Стік розчинених хімічних речовин з водами р.Інгулець / Р. Л. Кравчинський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 2(19). – С. 155-161. 7. Лозовіцький П. С. Гідрохімічна характеристика і іригаційна оцінка води основних джерел зрошення півдня України / П. С. Лозовіцький // Меліорація і водне господарство. – 1997. – Вип. 84. – С. 71-83. 8. Руденко Р. В. Про зміну хімічного складу води річки Інгулець / Р. В. Руденко, В. К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2005. – №8. – С. 47-61. 9. Хільчевський В. К. Загальна гідрохімія / В. К. Хільчевський, В. І. Пелешенко. – К. : Либідь, 1997. – 384 с.

Гідрохімічний режим та якість води річки Інгулець

Перевозчиков І.М., Савицький В.М.

Стаття присвячена дослідженню гідрохімічного режиму та оцінці якості вод річки Інгулець. В даній публікації висвітлено найважливіші особливості гідрохімічного режиму та хімічного складу вод Інгульця під впливом природних фізико-географічних та техногенних факторів. Проведена оцінка якості води за методикою ИЗВ (індексів забруднення вод) та прослідкована її динаміка у часі.

Ключові слова: хімічний склад, гідрохімічний режим, якість річкових вод.

Гидрохимический режим и качество воды реки Ингулец

Перевозчиков И.Н., Савицкий В.Н.

Статья посвящена исследованию гидрохимического режима и оценке качества вод реки Ингулец. В данной публикации представлены основные особенности гидрохимического режима и химического состава вод Ингульца под влиянием природных физико-географических и техногенных факторов. Проведена оценка качества воды по методике ИЗВ (индексов загрязнения вод) и прослежена ее динамика во времени.

Ключевые слова: химический состав, гидрохимический режим, качество речных вод.

Hydrochemical regime and water quality of the Ingulets river

Perevozchikov I.M., Savitskiy V.M.

The article investigates the hydrochemical regime and evaluate the water quality of the Ingulets river. This publication contains the main features of the hydrochemical regime and chemical composition of water of Ingulets river under the influence of the natural and technogenic factors. An assessment of water quality and traced its evolution in time.

Keywords: chemical composition of water, hydrochemical regime, the quality of river water.

Надійшла до редколегії 13.12.2012

УДК 556.114

Павельчук Є. М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ГІДРОЛОГО-ГІДРОХІМІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ ТЕРИТОРІЇ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Ключові слова: історичний нарис, гідролого-гідрохімічні дослідження, Житомирська область

Актуальність питання. Житомирська область, у порівнянні з іншими областями України, належить до регіону з низькою водозабезпеченістю. Площі, зайняті водними об'єктами, становлять всього 4,6% від загальної території області.

Житомирщина повністю розміщена в межах басейну р.Дніпро. Найбільша частина області належить басейну правої притоки Дніпра – р. Прип'ять (54%), в басейні р. Тетерів розміщено 38% її території, в басейні Ірпеня – 3,5%, в басейні р. Рось – 4,5%.

Водозабезпечення промислових підприємств і населення міста Житомира здійснюється з річки Тетерів, міста Бердичева - частково з річки Гнилоп'ять і частково з артезіанських свердловин, міста Коростеня - з річки Уж, міста Новоград-Волинського - з річки Случ, міста Малина - з річки Ірша.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

Водозабезпечення міст Овруча, Радомишля, Коростишева, Андрушівки, Баранівки, селищ міського типу Чуднів, Попільня, Любар, Ружин та інших населених пунктів і потреб сільськогосподарського виробництва здійснюється, в основному, з підземних джерел.

Дослідження кількісного та якісного стану водних ресурсів області є дуже актуальним на сьогоднішній день і буде залишатися таким у майбутньому.

Основні результати досліджень. Гідрологічні та гідрогеологічні дослідження проводились на території Житомирської області ще в XIX столітті видатними російськими та польськими вченими, зокрема П. А. Тутковським, С. З. Сагайдаковським, І. Ф. Синцовим, В. Л. Лічковим. Поштовхом до цих досліджень стало формування капіталістичного укладу господарства, розвиток промисловості та зростання міських поселень, що вимагало організації централізованого водозабезпечення новостворюваних підприємств та зростаючих міських поселень.

У 1860-х роках Житомир був третім за величиною містом України. В 1883 році тут мешкало 52 тис. жителів, діяли десятки фабрик, складів, сотні магазинів. В місті налічувалося понад 9 тис. будівель, все більше споруджувалося 2-3-поверхових житлових і виробничих приміщень. Все це диктувало нагальну потребу у централізованому забезпеченні міста водою, щоб покращити санітарно-епідеміологічну обстановку у місті.

До водних джерел ставилися вимоги не тільки щодо кількісних характеристик, а й щодо якісних. Тому дослідження хімічного складу поверхневих і підземних вод теж мали дуже важливе значення для вирішення принципових і важливих питань водопостачання. Вже в ті часи фахівці брали до уваги питання якості води. Так, наприклад, у 1880 р. інженер-полковник Володимир Черепов, інженер-технолог Федір Донат та дійсний член імператорського Російського технічного товариства Іван Сирокомський, в обґрунтуванні будівництва водопроводу для міста підкреслюють, що вода р. Тетерів відмінної якості лише вище Житомира, в той же час вода р. Кам'янки, на берегах якої знаходяться кладовище, шкірзавод, лазні, пральні служить природним збірником стоків і нечистот. Отож, Тетерів в межах міста для використання як джерело чистої води став практично непридатним [16].

А у березні 1883 р. інженер-полковник Михайло Козлов писав: "Как житель города Житомира, живо интересующийся скорейшим осуществлением проекта городского водопровода, я обращаю внимание Городской управы на недостаточную доброкачественность воды р. Тетерева выше Павликовского острова, где предполагается действие водопровода (водоприемника). Химический анализ этой воды, произведенный 31 мая 1881 года в лаборатории Киевского университета показал присутствие 6 неорганических веществ в пропорции, значительно превышающей предел, указываемый для сего санитарными нормами." [16]

Вчені Київського університету Святого Володимира вже в ті часи проводили гідрохімічні дослідження в регіоні. Прикладом таких досліджень, результати яких збереглись, є монографія співробітника університету Ф. Ф. Кіркора (1907 р.) про хімічний склад води р. Рось у зв'язку із будівництвом цукрових заводів в Україні [11].

В довоєнний період якість води більшості річок області була задовільною. Навіть у самому Житомирі паралельно з діючим централізованим водопроводом частина жителів використовувала для пиття та щоденних побутових потреб річкову воду. Існували навіть послуги водовозів, які набирали чисту річкову воду на незабруднених ділянках Кам'янки і розвозили у ті райони міста, які не мали водопроводів.

На початку 1950-х років у Тетерів з його притоки Гнилоп'яті почали надходити дуже забруднені стоки Бердичівського шкірзаводу ім. Ілліча, якість води річки у

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

місці міського водозабору різко погіршилась і не відповідала діючим санітарним нормам. Це змусило перенести водозабір вище по течії р. Тетерів – на 3 км вище впадіння р. Гнилопять [16].

В післявоєнний період відновилась робота академічних наукових закладів у Києві та інших містах, розпочалось вивчення гідрохімічних особливостей водних об'єктів України, зокрема й Житомирської області. Прикладом таких досліджень є робота А. Д. Коненко (1958) [12,13], у якій вперше узагальнені дані про вміст головних іонів та біогенних речовин у водних об'єктах нашої країни. Матеріали цієї монографії можна використовувати як характеристики відносного фоновому періоду, який передував періоду забруднення поверхневих вод.

В цей же час велися і гідрологічні дослідження, які стосувалися і водних об'єктів Житомирської області, зокрема гідрологічні розрахунки для річок цієї території були виконані К. А. Лисенко [17].

У 1960–1970 рр. Житомир перетворився у великий промисловий центр, зростали і інші міста області, розвивалась промисловість і збільшувались обсяги скидів стічних вод у річки. З цього часу і до початку 1990-х років почав помітно збільшуватись вміст забруднювальних речовин у воді річок, погіршилась їх якість. Тому в цей період починає формуватися мережа контролю хімічного складу поверхневих вод, яка з 1970-х років набуває рис загальнодержавного моніторингу якості води і входить до мережі ОГСНК – загальнодержавної системи спостережень за якістю навколишнього середовища.

В 1970-х роках у Київському університеті під керівництвом В. І. Пелешенка та Д. В. Закревського розпочинаються систематичні гідрохімічні дослідження водних об'єктів України. В рамках цих досліджень були отримані унікальні дані щодо взаємозв'язку хімічного складу різних типів природних вод суші, вперше для території Житомирської області виконана кількісна оцінка хімічного складу атмосферних опадів, поверхневих вод, підземних вод у четвертинних відкладах і підземних вод у дочетвертинних відкладах зони активного водообміну, розроблена схема балансу головних іонів цієї зони [23]. Результати цих досліджень характеризують обмежений період часу (до 1970 р.) і можуть бути використані у подальших дослідженнях лише як база порівняння, або фоновий період.

В цей же час М.І.Ромасем проведено дослідження хімічного складу атмосферних опадів та визначено їх роль у формуванні хімічного складу поверхневих вод Житомирської області [26, 27].

На території Житомирського Полісся великого поширення набули, починаючи з 1960-х років осушувальні меліорації, їх вплив на водні ресурси регіону та їх якість довгий час залишалися не вивченими. Саме тому Д.В.Закревський присвятив свої дослідження закономірностям поширення, накопичення та міграції хімічних компонентів у природних водах Прип'ятського Полісся в зв'язку з проведенням осушувальних меліорацій [3–10].

Важливою особливістю цих досліджень було те, що вони виконувались безпосередньо на осушувальних системах у Житомирському Поліссі шляхом проведення експедиційних робіт.

У 1980-их роках гідрохіміками Київського університету, зокрема Пелешенком В.І., Закревським Д.В., Хільчевським В.К., Горєвим Л.М., Савицьким В.М., Сніжком С.І., Осадчим В.І., Василенком В.П., Шевчук І.О., вивчалися хімічні характеристики стоку основних річок України, зокрема було досліджено і кілька річок Житомирської області. Було оцінено гідрохімічний режим малих річок у природному стані та під впливом антропогенних чинників і побудовані спеціальні карти. Ці роботи проводились спільно з Українським філіалом Центрального науково-дослідного інституту комплексного використання водних ресурсів (УФ ЦНДІКВВР) згідно з планом Держкомітету по науці і техніці СРСР [10, 39].

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

У цілому гідролого-гідрохімічні дослідження цього періоду були досить розрізненими і не охоплювали всього спектру проблем в цілому. Об'єктивною причиною цього була порівняно невелика довжина рядів спостережень, особливо, гідрохімічних рядів по кожному пункту спостережень.

Слід зазначити, що в кінці 1980-х років все ж було зроблено спробу комплексного дослідження гідролого-гідрохімічних характеристик як водних ресурсів України в цілому, так і малих річок зокрема. Такі дослідження проведені колективом гідрологів і гідрохіміків під керівництвом Б.І. Стрільця [38] та А.В. Яцика [18].

В цей же час В.К.Хільчевським проводились регіональні гідрохімічні дослідження стосовно впливу агрохімзасобів на формування хімічного складу поверхневих вод [40, 41], С.І. Сніжком виконувались розрахунки стоку біогенних речовин [32, 33], а В. І. Осадчим - мікроелементів [21] з території басейну Дніпра, які стосувалися у значній мірі і досліджень на території Житомирської області.

Всі згадані вище дослідження зробили важливий внесок у пізнання природи Житомирського Полісся, зокрема його водних ресурсів. Проте в більшості цих досліджень водні ресурси краю не були предметом досліджень, окремі водні об'єкти даної території використовувалися для вичерпної характеристики зовсім інших предметів наукового пізнання, наприклад важких металів, чи біогенних елементів, чи гідрохімічного режиму осушувальних територій.

Першою спробою цілісного дослідження гідролого-гідрохімічних особливостей водних об'єктів Житомирської області (річок і боліт) стало дослідження, яке було виконане в кінці 90-х років минулого століття гідрохіміками Київського університету за замовленням Державного управління екології та природних ресурсів у Житомирській області під керівництвом С. І. Сніжка. Зокрема, було розроблено науково-методичні основи гідрохімічних досліджень водно-болотних екосистем [34, 35], досліджено багаторічні особливості гідрохімічного режиму річок Житомирщини та виявлено його основні тенденції [31, 36], виконано оцінку та картографування якості води річок [1].

Результати цих досліджень опубліковано пізніше у вигляді колективної монографії за редакцією С.І. Сніжка та О.О. Орлова [2].

Під час виконання цієї роботи вперше для території Житомирської області була створена єдина база даних гідролого-гідрохімічного, радіоекологічного [28] та радіогеохімічного моніторингу водних об'єктів.

І.М.Ромасем була виконана оцінка гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок басейну Дніпра [25], у якій зокрема було проаналізовано і деякі річки Житомирського Полісся. Виявлено, що на річках Уборть, Уж, Тетерів, Гнилоп'ять, Ірпінь, водозбори яких знаходяться у межах гідрогеологічної області Українського щита, найменші витрати влітку формуються переважно у серпні і, зазвичай, є меншими, ніж у зимову межень, де мінімальні витрати спостерігаються вже у грудні. Цікаво зазначити, що для р. Тетерів (м. Житомир) мінімальні витрати 95 % забезпеченості протягом усього меженного періоду, з червня по лютий, змінюються мало – від 0,40 до 0,50 м³/с, що пояснюється значною зарегульованістю цієї річки – на ній створено кілька водосховищ та близько 230 ставків. Встановлено, що найменші витрати води, як середньомісячні так і мінімальні середньодобові, у межений період, з червня по лютий, формуються на річках Полісся переважно у серпні-вересні, тобто у ці місяці спостерігаються найбільш несприятливі умови формування стоку, які потрібно враховувати при проектуванні гідротехнічних та водозабірних споруд на річках, при плануванні та управлінні водним господарством.

Автором відзначається, що за останні три десятиріччя відбулася досить помітна трансформація хімічного складу води річок у літню межень, що

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

пояснюється переважно впливом антропогенних чинників. Помічена тенденція до збільшення вмісту головних іонів та мінералізації в 1,1–1,5 рази при мінімальних витратах води у річках.

Системний аналіз регіональної гідрохімічної макросистеми Житомирського Полісся виконав С. І. Сніжко [37]. Завдяки системному підходу автору вдалося вперше оцінити вплив природних і антропогенних чинників не тільки на формування сезонної та багаторічної динаміки хімічного складу води річок, а ще і виявити генетичну структуру регіональної гідрохімічної системи Житомирського Полісся, що дозволило розробити рекомендації щодо покращення якості води та підвищення ефективності гідро екологічного моніторингу.

Вплив антропогенних факторів на екологічний стан річки Тетерів та екологічну оцінку якості води в р.Тетерів за інтегральними показниками здійснили співробітники Національного аграрного університету (м.Київ) М. О.Слободенюк та В. В. Підліснюк [29,30].

В останні роки активізувалися дослідження хімічного складу річкових вод Житомирщини у Житомирському національному агроекологічному університеті.

Так, в роботі Т. М. Коткової, В. І. Коткова та Г. О. Селезньової розглянуто питання забруднення сполуками азоту річок Лугинського району Житомирської області [14].

У роботі Т. М. Коткової і Г. О. Селезньової [15] наведено динаміку біологічного та хімічного споживання кисню в р. Жерев та її основних притоках, починаючи з 1988 та закінчуючи 2009 роком. Проведено аналіз цих показників по інших річках району: Конявка, Повчанка, Крем'янка та Дивлінка, що є притоками р. Жерев.

Т. М. Мислива та І. С. Кот займаються дослідженнями важких металів у водах малих річок і боліт Житомирського Полісся. Ними досліджено [19] особливості міграції й акумуляції Cu, Pb, Cd, Zn, Fe, Mn, Co, Ni у водах малих річок і боліт на території Житомирського Полісся. Встановлено, що вода досліджуваних поверхневих водних об'єктів вміщує надмірні кількості Fe (1,5–12,3ГДК), Mn (1,2–6,8 ГДК) та біогенних елементів через вплив антропогенезу.

А.О.Піціль [24] займається питаннями формування талого та дощового поверхневого стоку з території м. Житомира.

Слід відмітити, що дослідження цих вчених базуються на оригінальних результатах власних натурних та лабораторних досліджень.

Однією з останніх робіт узагальнюючого характеру, яка стосується й водних об'єктів Житомирської області є «Гідрохімічний довідник», який підготовлено фахівцями Українського-науково-дослідного гідрометеорологічного інституту під керівництвом В.І.Осадчого [22]. У роботі можна знайти дані про середні річні концентрації різних компонентів хімічного складу води деяких річок Житомирської області (Уборть, Уж, Тетерів, Гнилопять) за період з 1995 по 2006 рр.

Висновки. Таким чином, проведений огляд літературних джерел характеризує найбільш помітні за тривалий історичний період (з XIX століття до наших днів) дослідження гідрологічних та гідрохімічних аспектів водних ресурсів Житомирської області. Розвиток наукових уявлень про гідрологію та гідрохімію регіону відбувався еволюційним шляхом від вирішення невеличких і розрізнених практичних задач водопостачання та водовідведення до реалізації регіональних дослідницьких проектів із системною постановкою задач.

Однак сучасний стан забезпеченості області водними ресурсами та постійне погіршення їх якості вимагає подальшого продовження даних досліджень, особливо з урахуванням кліматичних змін в регіоні Українського Полісся.

Список літератури

1. Оцінка та картографування якості води річок Житомирської області / Е. Л. Бондаренко, В. О. Шевченко, С. І. Сніжко та ін. // Велика Волинь. – 2000. – Т. 2. – С. 261-262. 2. Гідрохімія та радіогеохімія річок і боліт Житомирської області / за ред. С.І.Сніжко та О.О.Орлова. – Житомир : Волинь, 2002. – 262 с. 3. *Закревський Д. В.* Гидрохимия осушаемых земель (в условиях северо-запада Украины) : автореф. дисс. д-ра геогр. наук. – Ростов/Д., 1992. – 48 с. 4. *Закревський Д. В.* Об оценке влияния осушительных мелиораций на вынос химических элементов речными водами / Д. В. Закревский // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – Вып. 68. – С. 10-14. 5. *Закревський Д. В.* О химическом составе трещенно-карстовых вод мелиорируемых территорий Волынского Полесья / Д. В. Закревский // Физ. география и геоморфология. – 1985. – Вып. 32. – С. 92-97. 6. *Закревський Д. В.* Результати досліджень іонного складу ґрунтових вод осушених торфових ґрунтів Прип'ятського Полісся УРСР / Д. В. Закревський // Вісн. с.-г. науки. – 1983. – №11. – С. 14-17. 7. Вміст мікроелементів у водах осушувальних систем УРСР / [Д. В. Закревський, В. М. Савицький, В. І. Пелешенко, В. К. Хільчевський] // Вісн. с.-г. науки. – 1983. – №4. – С. 12-15. 8. *Закревський Д. В.* Прогнозування хімічного складу ґрунтових вод на осушувальних системах в залежності від режиму рівнів / Д. В. Закревський, К. П. Терещенко, В. М. Бурдан // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Географія. – 1987. – Вип. 29. – С. 54-60. 9. *Закревський Д. В.* О влиянии осушительных мелиораций на состав химических веществ речных вод Припятского Полесья Украины / Д. В. Закревський // Водные ресурсы. – 1991. – №6. – С. 50-59. 10. *Закревський Д. В.* Сток химических компонентов рек Украинской ССР / Закревський Д. В., Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. // Водные ресурсы. – 1988. – Т. 15, №6. – С. 63-73. 11. *Киркор Ф. Ф.* Материалы по вопросу о колебании состава речной воды. Химические исследования воды р. Роси / Ф. Ф. Киркор. – К. : Тип. Лубковского, 1907. – 244 с. 12. *Коненко А. Д.* Гидрохимическая характеристика прудов Украинского Полесья / А. Д. Коненко // Природные условия и ресурсы Полесья. – К. : Изд-во АН УССР, 1958. – 105 с. 13. *Коненко А. Д.* Гидрохимическая характеристика малых рек УССР / А. Д. Коненко / – К. : Изд-во АН УССР, 1952. – 172 с. 14. *Коткова Т. М.* Моніторинг забруднення сполуками азоту річок Лугинського району Житомирської області / Коткова Т. М., Котков В. І., Селезньова Г. О. // Вісник Житомир. нац. агрокол. ун-ту. – 2011. – № 2 (29), т.1. – С. 106-112. 15. *Коткова Т. М.* Динаміка біологічного та хімічного споживання кисню в р. Жерев та її основних притоках / Т. М. Коткова, Г. О. Селезньова // Вісник Житомир. нац. агрокол. ун-ту. – 2011. – № 1(28), т.1. – С. 144-159. 16. КП «Житомирводоканал». Історія. [електронний ресурс] – режим доступу: <http://vodokanal-zt.org.ua/pages/p9#top-menu> - назва з екрану. 17. *Лысенко К. А.* Минимальный сток рек Украины и Молдавии / К. А. Лысенко // Тр. УкрНИГМИ. – 1966. – Вып. 64. – С. 143–160. 18. Малі річки України. довідник / Закревський Д. В., Пелешенко В. І., Сніжко С. І. та ін. ; [за ред. А. В.Яценка]. – К. : Урожай, 1991. – 296 с. 19. *Мислива Т. М.* Важкі метали у водах малих річок і боліт Житомирського Полісся / Т. М. Мислива, І. С. Кот // Вісник Житомир. нац. агрокол. ун-ту. – 2011. – №2(29), т. 1. – С. 58-68. 20. *Орлов О. О.* Біогеохімія цезію-137 у лісоболотних екосистемах Українського Полісся / О. О. Орлов, В. В. Долін. – К. : Наук. думка, 2010. – 198 с. 21. *Осадчий В. И.* Распределение, накопление миграция тяжелых металлов в бассейне Днепра : автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. Наук / В.И. Осадчий. – Ростов/Д., 1991. – 23 с. 22. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. [Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б.]. – К. : Ніка-Центр, 2008. – 656 с. 23. *Пелешенко В. И.* Оценка взаимосвязи химического состава различных типов природных вод (на примере равнинной части Украины) / В. И. Пелешенко. – К. : Вища школа, 1975. – 168 с. 24. *Піциль А. О.* Екологічні особливості формування талого та дощового поверхневого стоку міста (на прикладі міста Житомира) / А. О. Піциль // Вісник Житомир. нац. агрокол. ун-ту. – 2011. – № 1(28). – С. 393-400. 25. *Ромась І. М.* Оцінка гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України) : автореф. дис. на здобуття уч. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 / Ромась Ігор Миколайович; Київ. нац. ун-т ім. Т. Г. Шевченка. – К., 2004. – 18 с. 26. *Ромась Н. И.* Закономерности формирования химического состава атмосферных осадков на территории УССР : автореф. дисс. на стиск. уч. степени канд. геогр. наук / Ромась Миколай Іванович. – Ростов/Д., 1981. – 24 с. 27. *Ромась Н. И.* О формировании химического состава атмосферных осадков в различных физико-географических зонах УССР / Н. И. Ромась // Физ. география и геоморфология. – 1979. – Вып. 21. – С. 126-131. 28. *Самойленко В. М.* Кадастр радіоактивного забруднення водних об'єктів України місцевого водокористування у 2-х тт. / В. М. Самойленко. – К. : Ніка-Центр, 1998. – Т.1. – 192 с. 29. *Слободенюк М. О.* Вплив антропогенних факторів на екологічний стан річки Тетерів / М. О. Слободенюк, В. В. Підліснюк // Наук. вісник Нац. аграр. ун-ту. – 2006. – Вип. 95, ч. 2. – С. 166-171. 30. *Слободенюк М. О.* Екологічна оцінка якості води в р.Тетерів за інтегральними показниками / М. О. Слободенюк, В. В. Підліснюк // Наук. вісник Нац. аграр. ун-ту. – 2007. – Вип. 107, ч. 1. – С. 161-167. 31. *Сніжко С. І.* Багаторічні особливості гідрохімічного режиму річок Житомирщини та виявлення його основних тенденцій / Сніжко С. І., Закревський Д. В., Сіренський С. П. // Велика Волинь. – 2000. – Т. 2. – С. 212-215. 32. *Сніжко С. І.* Оцінка виносу азоту і фосфору поверхнево-схиливим стоком / С. І. Сніжко // Гідротехніка і меліорація. – 1995. – Вип. 4. –

С. 34-41. **33. Снежко С. И.** Особенности формирования речного стока биогенных элементов бассейна Днепра (в пределах УССР) : автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. Наук / Снежко Сергей Иванович. – Ростов/Д., 1989. – 23 с. **34. Сніжко С. І.** Науково-методичні основи гідрохімічних досліджень водно-болотних екосистем / С. І. Сніжко // Велика Волинь. – 2000. – Т. 2. – С. 201-205. **35. Сніжко С. І.** Моніторинг якості води річок Житомирської області / С. І. Сніжко, С. П. Сиренький // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2000. – Т. 1. – С. 78–79. **36. Сніжко С. І.** Оцінка сучасного гідрохімічного режиму та якості води річок Житомирського Полісся / С. І. Сніжко // Український географічний журнал. – 2001. – №2. – С. 65–70. **37. Сніжко С. І.** Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем / С. І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2006. – 284 с. **38.** Справочник по водным ресурсам / Закревский Д. В., Пелешенко В. И. и др. ; [под ред. Б. И. Стрельца]. – К. : Урожай, 1987. – 304 с. **39. Хильчевський В. К.** Зміна концентрацій та стоку іонів у річкових водах Дніпра, Прип'яті, Десни під впливом антропогенних факторів / В. К. Хильчевський, В. І. Пелешенко // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Географія. – 1987. – Вип. 29. – С. 50-53. **40. Хильчевский В. К.** Влияние сельскохозяйственного производства на химический состав природных вод / В. К. Хильчевский // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, №1. – С. 74-85. **41. Хильчевський В. К.** Роль агрохімічних засобів у формуванні якості вод басейну Дніпра / В. К. Хильчевський. – К. : ВПЦ "Київ. ун-т", 1996. – 222 с.

Гідролого-гідрохімічна вивченість території Житомирської області

Павельчук Є. М.

Приведено історичний нарис гідролого-гідрохімічних досліджень на території Житомирської області (Україна).

Ключові слова: історичний нарис, гідролого-гідрохімічні дослідження, Житомирська область.

Гидролого-гидрохимическая изученность территории Житомирской области

Павельчук Е. М.

Выполнен исторический обзор гидролого-гидрохимических исследований на территории Житомирской области (Украина).

Ключевые слова: исторический обзор, гидролого-гидрохимические исследования, Житомирская область.

Hydrological and hydrochemical study of the territory of Zhytomyr region

Pavelchuk E. M.

A historical review of hydrological and hydrochemical investigations in the Zhytomyr region (Ukraine) was performed in this article.

Keywords: historical review, hydrological and hydrochemical investigations, Zhytomyr region.

Надійшла до редколегії 24.01.2013

УДК 556.531.4(282.247.32)

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

Інститут гідробіології НАН України, м Київ

КОМПОНЕНТНИЙ СКЛАД РОЗЧИНЕНИХ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН У ВОДІ ВЕРХНЬОГО КИТАЙВСЬКОГО СТАВУ ТА ЙОГО СЕЗОННІ ЗМІНИ

Ключові слова: *Київський став; розчинені органічні речовини; компонентний склад; гумусові речовини; вуглеводи; білковоподібні речовини; сезонні зміни*

Постановка та актуальність проблеми. Розчинені органічні речовини (РОР) відіграють надзвичайно важливу роль у функціонуванні гідроекосистем, оскільки це джерело енергії, біогенних елементів і органічного вуглецю для гідробіонтів та один із чинників формування кисневого режиму водних об'єктів [4, 9, 19, 26]. Окрім цього, РОР поверхневих вод – це важливі природні детоксиканти. Відомо, що гумусові речовини (ГР) здатні зв'язувати йони важких металів у комплексні сполуки та переводити їх таким чином у нетоксичну форму [8–11, 17]. Вони проявляють також детоксикаційні властивості щодо органічних ксенобіотиків ароматичного ряду (антрацен, бенз(а)пірен, тощо) [9, 17]. Розчинені вуглеводи і білковоподібні речовини (БПР) такою здатністю характеризуються в меншій мірі.

На сьогоднішній день дослідженнями загального вмісту РОР та їхніх окремих груп були охоплені переважно великі річки басейну Дніпра і дніпровських водосховищ [3, 4, 7, 13, 15], тоді як невеликі ставкові системи в цьому аспекті залишались поза увагою.

Метою нашої роботи було дослідити вміст та компонентний склад РОР, а також сезонні зміни у співвідношенні окремих груп органічних сполук у воді одного з таких ставків.

Матеріал і методи досліджень. Для досліджень було обрано верхній Київський став, споруджений на руслі річки Мишоловка, який знаходиться на території Національного природного парку “Голосіївський” (м. Київ) та входить до складу каскадної системи ставків “Київські стави”. Став живиться переважно за рахунок дощових та джерельних вод [16]. Глибина ставу на станції відбору проб води не перевищує 3 м.

Проби води відбирали протягом 2011–2012 рр. з поверхневого шару на глибині 0,3–0,4 м за допомогою батометра Рутнера.

Вилучення завислих речовин здійснювали методом мембранної фільтрації. Для цього пробу води пропускали через мембранний фільтр “Synpor” (Чехія) з діаметром пор 0,4 мкм. Для досліджень використовували лише фільтровану воду. Хімічне споживання кисню (ХСК) та перманганатну окиснюваність (ПО) води як непрямі характеристики вмісту РОР визначали за допомогою загальновідомих методик [14]. Кольоровість води встановлювали фотометрично з використанням дихроматно-кобальтової (Cr-Co) шкали [1].

Різні за хімічною природою РОР розділяли на окремі групи (кислотну, основну і нейтральну) методом іонообмінної хроматографії з використанням скляних колонок, одна з яких була заповнена діетиламіноетилцелюлозою (ДЕАЕ-целюлоза), а друга – карбоксиметилцелюлозою (КМ-целюлоза) [24, 25]. Для цього фільтрат води об'ємом 1–1,5 дм³ пропускали послідовно через колонку з ДЕАЕ-целюлозою, а потім – через колонку з КМ-целюлозою. Висота шару сорбентів

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

становила від 2 до 3 см, діаметр колонок – 3 см, висота – 20 см, швидкість вимивання – 1 см^3 за хвилину. На ДЕАЕ-целюлозі (аніоніт) сорбуються РОР з негативним знаком заряду, насамперед ГР, що домінують у цій групі, органічні кислоти тощо, а на КМ-целюлозі (катионіт) – РОР із позитивним знаком заряду, серед яких переважають БПР. Розчин, який отримують після проходження води через колонки із зазначеними сорбентами, містить РОР без знаку заряду, переважно це вуглеводи, але можуть бути також одно- і багатоатомні спирти, етери тощо, що знаходяться в незначних концентраціях [23–25]. Для забезпечення повноти вилучення ГР із ДЕАЕ-целюлози використовували трьохступінчасту десорбцію з використанням розчинів: КОН $0,3\text{ моль/дм}^3$ (стадія I), H_2SO_4 $0,02\text{ моль/дм}^3$ (стадія II), після цього знову КОН $0,3\text{ моль/дм}^3$ (стадія III). Десорбцію БПР із КМ-целюлози здійснювали розчином HCl $0,1\text{ моль/дм}^3$. В результаті отримували елюати об'ємом 20–25 см^3 . Отже, досягалось концентрування зазначених груп речовин в 40–60 разів. Концентрування РОР нейтральної фракції (зазвичай, в 10–12 разів) досягалось методом виморожування [8].

Концентрати зазначених груп РОР використовували для дослідження їхнього молекулярно-масового розподілу методом гел'є-хроматографії з використанням скляних колонок, заповнених нейтральними гелями HW 50F і HW 55F (Японія), які попередньо градували з допомогою розчинів поліетиленгліколів з відомою молекулярною масою (20, 15, 2, 1 кДа), глюкози (180 Да) і альбуміну, вилученого із людської сироватки (68 кДа). Вільний об'єм колонок встановлювали за допомогою блюдекстрану голубого (2000 кДа) [6]. Для вивчення молекулярно-масового розподілу ГР використовували колонку з гелем HW 50F, а для вуглеводів і БПР – з гелем HW 55F. Елювання РОР з колонки досягалось за допомогою $0,025\text{ моль/дм}^3$ фосфатного буферного розчину з $\text{pH} \approx 7,0$. Фракції після гел'є-хроматографічного розділення об'ємом по 15 см^3 збирали у скляні пробірки (всього 17) за допомогою колектора "DOMBIFRAK" (Україна).

Концентрацію ГР у пробах води та фракціях визначали спектрофотометричним методом. Для побудови градувального графіка використовували ГР, що були виділені з води Канівського водосховища і Шацьких озер згідно методики [24]. Концентрацію БПР визначали фотометрично за допомогою методу Лоурі-Фоліна. Градувальний графік будували з використанням розчину бичачого альбуміну [5]. Концентрацію вуглеводів також визначали фотометрично з антроновим реагентом [18]. Для побудови градувального графіка використовували розчин глюкози.

Результати досліджень та їх обговорення

Показники загального вмісту РОР. Із наведених нижче (рис. 1) результатів досліджень ПО і ХСК виходить, що вода Китаївського ставу характеризується порівняно невисоким вмістом РОР. Величини ПО і ХСК знаходилися в межах відповідно 11,0–17,0 і 19,6–32,0 мг О/дм^3 (рис. 1, а). Максимальні їхні значення, а отже і найвища концентрація РОР, спостерігались наприкінці зими та навесні, а мінімальні найчастіше – восени. Вміст органічного вуглецю ($\text{C}_{\text{орг.}}$) був також порівняно невисоким і становив 7,4–12,0 мг/дм^3 (рис. 1, б).

Протягом періоду досліджень кольоровість води змінювалась у межах 13,8–22,8 Сг-Со-шкали. Максимальні її значення характерні для осінньо-зимового та весняного періодів (рис. 2).

Для визначення частки автохтонних і алохтонних РОР у воді досліджуваного ставу використовували формулу, запропоновану авторами [12]. Вона базується на використанні для розрахунків величин ПО, ХСК і кольоровості води. Сезонні зміни у співвідношенні зазначених типів РОР наведено нижче (рис. 3).

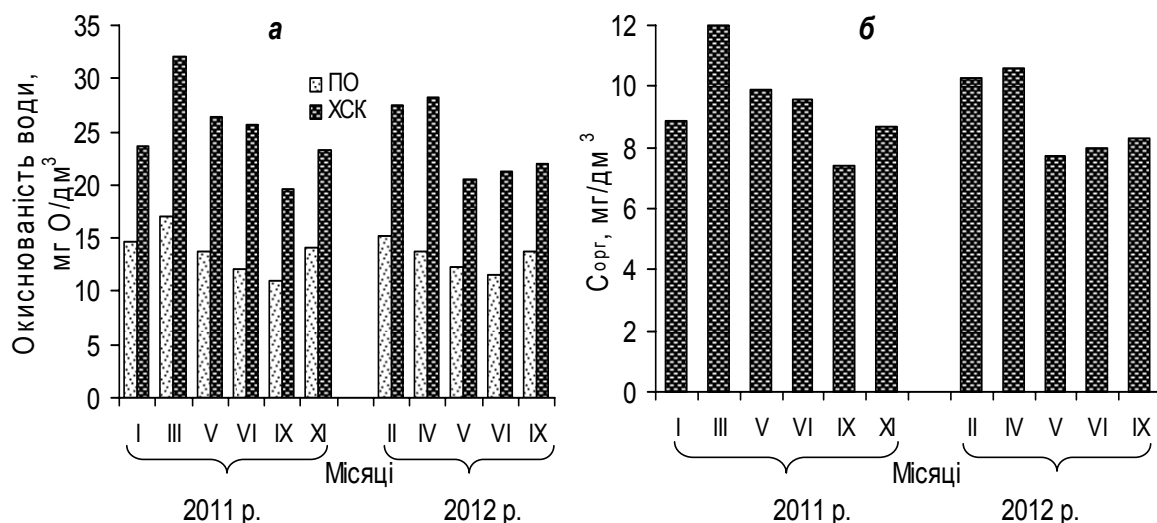


Рис. 1. Сезонні зміни ПО і ХСК (а) та вмісту $C_{орг}$ (б) у воді верхнього Китаївського ставу протягом 2011–12 рр.

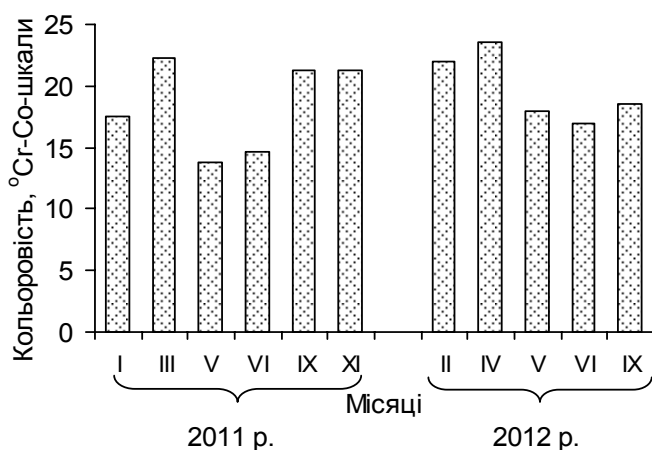


Рис. 2. Сезонні зміни кольоровості води верхнього Китаївського ставу.

Автохтонні – це ті органічні речовини, які утворюються внаслідок внутрішньоводоймних процесів. До алохтонних належать органічні речовини, які надходять до водного об'єкту з поверхні водозбору або з інших водних об'єктів (вищерозташовані водосховища, болота тощо) [12, 26]. У воді Китаївського ставу частка автохтонних РОР змінювалася в межах 44,4–84,0% (рис. 3). Максимальний їхній вміст спостерігався наприкінці весни та на початку літа 2011 р, а мінімальний – восени цього ж року. Помітних змін у співвідношенні автохтонних і

алохтонних РОР у 2012 р. не було виявлено. Середньорічна частка автохтонних РОР досягає 60%, що свідчить про значну роль внутрішньоводоймних процесів у формуванні компонентного складу органічних речовин у досліджуваному ставі.

Вміст та сезонна динаміка ГР. ГР – сполуки, що утворюються в ґрунтах і природних водах внаслідок складних фізико-хімічних процесів, а саме поліконденсації залишків різнотипних біомолекул за дії біотичних та абіотичних чинників середовища. Це полімери оксикислот, які стійкі до біохімічного розкладу і завдяки цьому вони є найпоширенішою групою серед РОР поверхневих вод [9, 15, 17, 22, 26].

У процесі досліджень води Китаївського ставу на вміст РОР було встановлено, що він не належить до високогумусних водних об'єктів. Концентрація ГР змінювалася в межах 8,7–13,6 мг/дм³, а середньорічний вміст не перевищував 10,5 мг/дм³. Найбільша концентрація ГР спостерігалася взимку 2012 р, а мінімальна – весною 2011 р. (рис. 4). Серед ГР домінують фульвокислоти, частка яких досягає 93–98%.

Виявлено тісний кореляційний зв'язок між кольоровістю води і вмістом у ній ГР ($r=0,72$).

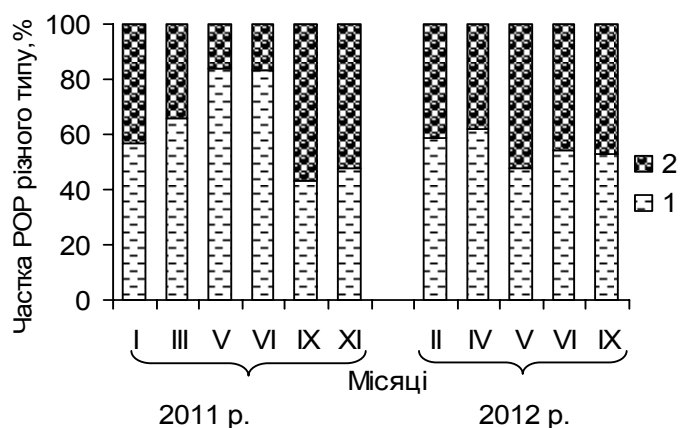


Рис 3. Співвідношення автохтонних (1) і алохтонних (2) POP у воді верхнього Китаївського ставу

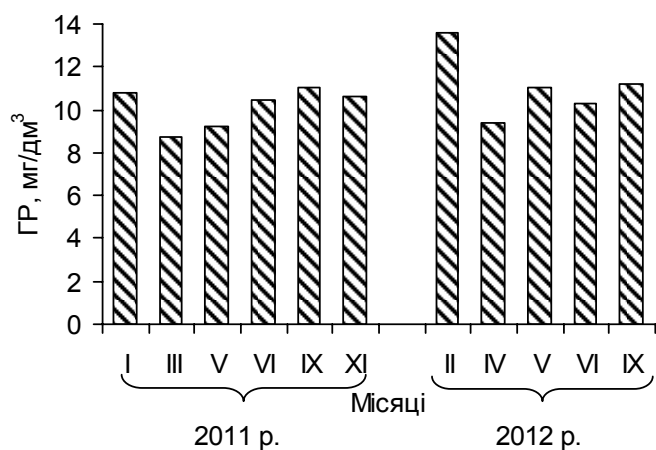


Рис 4. Сезонні зміни концентрації ГР у воді верхнього Китаївського ставу

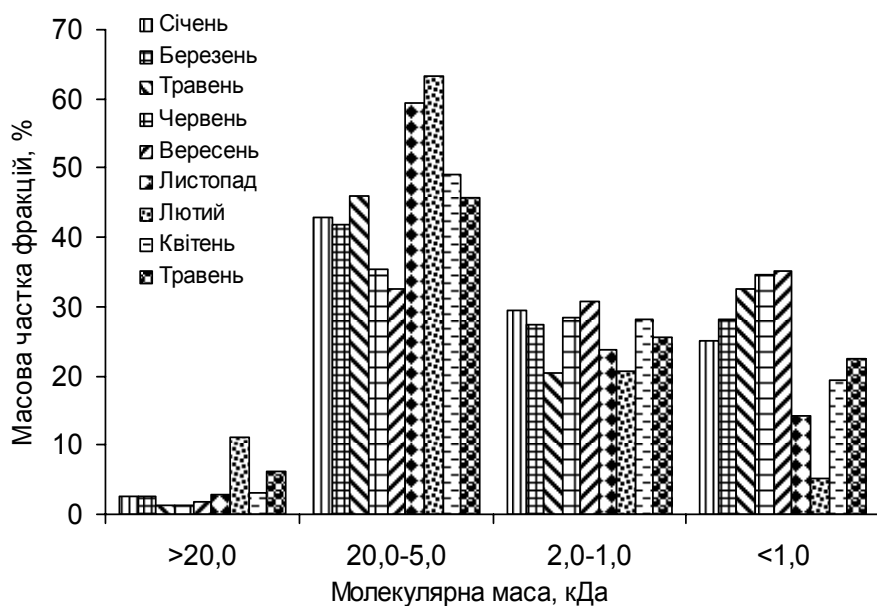


Рис. 5. Співвідношення різних за молекулярною масою фракцій ГР у воді верхнього Китаївського ставу та його сезонні зміни протягом 2011–2012 рр.

Результати дослідження молекулярно-масового розподілу ГР свідчать про те, що 25,7–65,8% їхніх сполук мають молекулярну масу $\leq 2,0$ кДа, а частка ГР з молекулярною масою $> 5,0$ кДа становила 34,2–74,4% (рис. 5). При цьому найбільшу частку складає фракція з молекулярною масою 5–20 кДа. Найпомітніших сезонних змін зазнали ГР з молекулярною масою $< 1,0$ кДа і 5–20 кДа. Їхні масові частки змінювалися в межах 5,1–35,1 та 32,5–63,3 % відповідно.

Вміст та сезонна динаміка вуглеводів Вуглеводи, безумовно, – це один з найважливіших компонентів POP поверхневих вод. Моносахариди, зокрема глюкоза, – найдоступніше і легкозасвоюване джерело енергії для гідробіонтів. Вуглеводи виконують структурну функцію для гідрофітів, оскільки целюлоза – основний будівельний матеріал оболонок клітин рослинних організмів, а загальний вміст вуглеводів у клітинах фітопланктону складає до 90% їхньої маси [19–21].

У воді верхнього Китаївського ставу протягом досліджуваного періоду спостерігались досить високі концентрації вуглеводів (рис. 6), а їхні сезонні зміни відзначалися доволі складним характером. Найбільші величини вмісту вуглеводів були характерні для зимового періоду 2011–2012 рр. і досягали відповідно 3,4 та 3,0 мг/дм³. Це явище зумовлене, мабуть, відмиранням та розкладом фітопланктону, з одного боку, а з другого, уповільненням їхньої деструкції та споживання. На початку весни 2011 р. концентрація вуглеводів зросла до 4,9 мг/дм³ – максимального значення протягом усього періоду досліджень. Навесні 2012 р. таких високих концентрацій вуглеводів не спостерігалось, що може залежати від низки чинників.

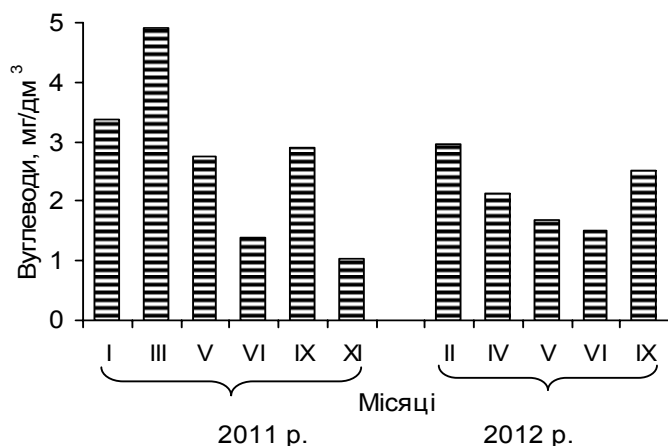


Рис 6. Сезонні зміни концентрації вуглеводів у воді верхнього Китаївського ставу

Восени 2011 р. та 2012 р., порівняно з літом, відмічено збільшення вмісту розчинених вуглеводів відповідно до 3,0 і 2,5 мг/дм³.

Результати досліджень молекулярно-масового розподілу вуглеводів, а також його сезонних змін (рис. 7) свідчать про те, що у воді Китаївського ставу вони представлені сполуками з широким спектром молекулярної маси. Тут наявні як вільні моносахариди, так і більш складні вуглеводи – оліго- і полісахариди, а також, вірогідно, складні комплекси оліго- і полісахаридів з речовинами інших класів, у т.ч. з ГР [9, 19, 21, 23].

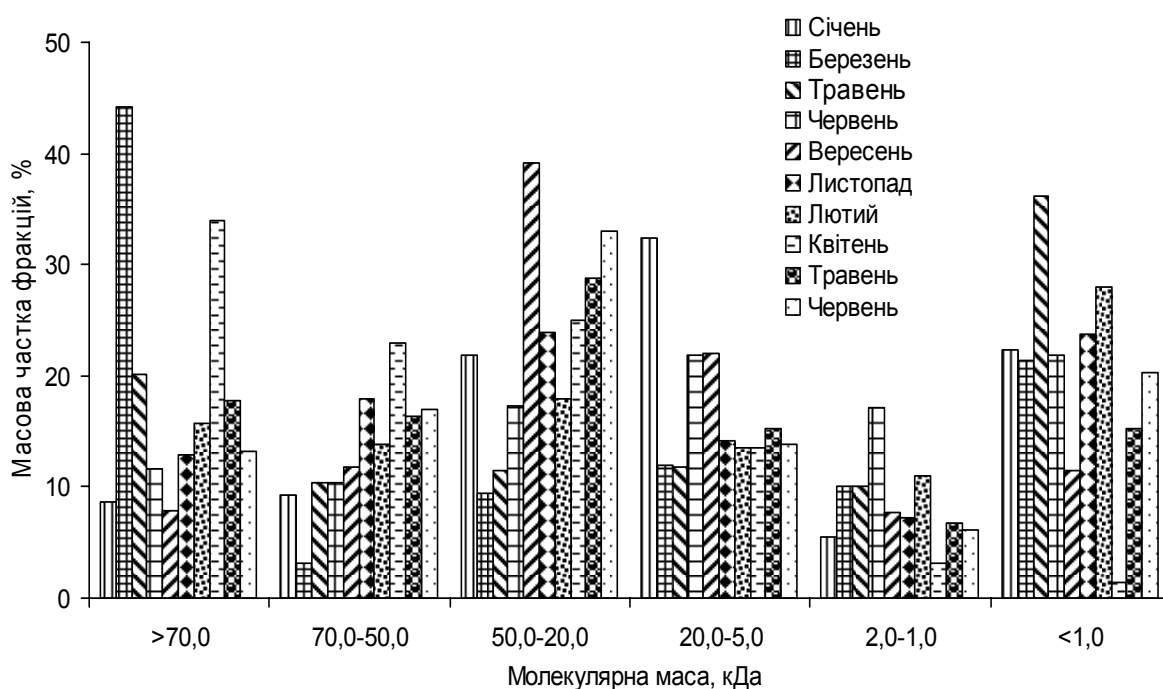


Рис. 7. Співвідношення різних за молекулярною масою фракцій вуглеводів у воді верхнього Китаївського ставу та його сезонні зміни протягом 2011–2012 рр.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

Сезонних змін зазнавали усі без винятку фракції вуглеводів (див. рис. 7), що говорить про високу інтенсивність процесів їхньої продукції і трансформації за участю гідробіонтів.

Значна частина вуглеводів представлена сполуками з молекулярною масою $> 20,0$ кДа. Їхня середньорічна частка в загальному балансі становила 56,6%, а інтервал коливань знаходився в межах 39,3–81,9%. Варто також зазначити незначний середньорічний вміст фракції вуглеводів з молекулярною масою ($< 1,0$ кДа), який становив 18,2%, а інтервал змін знаходився в межах 1,4–36,2 %. Це явище пов'язане, насамперед, з високою інтенсивністю засвоєння низькомолекулярних вуглеводів бактеріопланктоном.

Вміст та сезонна динаміка БПР. Білки і БПР – складні біополімери, мономерами яких є амінокислоти, що сполучені між собою пептидними зв'язками [2, 26, 27]. У гідроекосистемах БПР відіграють надзвичайно важливу роль, оскільки це будівельний матеріал для клітин організмів, джерело азотного живлення для фіто-, бактеріопланктону та вищої водної рослинності, а також беруть участь у процесах метаболізму [2, 26, 27].

У воді середнього Китаївського ставу спостерігались наступні сезонні зміни вмісту БПР. Максимальну їхню концентрацію ($1,04$ мг/дм³) було виявлено взимку 2011 р. Надалі, впродовж весняно-літнього та осіннього періодів відбувалося поступове зниження їхнього вмісту до $0,07$ мг/дм³ (рис. 8).

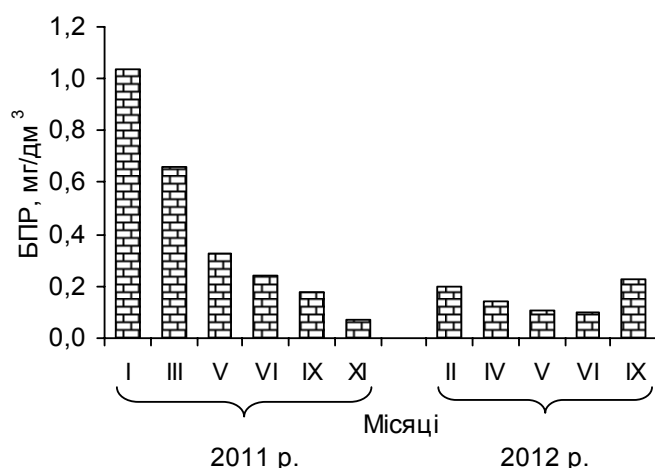


Рис 8. Сезонні зміни концентрації БПР у воді верхнього Китаївського ставу

Вміст БПР протягом 2012 року характеризувався значно нижчими величинами (не більше $0,23$ мг/дм³), ніж це було у 2011 р. Висока концентрація БПР взимку 2011 р. викликана, напевно, тією ж самою причиною, що й висока концентрація вуглеводів, а саме процесами масового відмирання і розкладу водної біоти в несприятливих для життя умовах [19, 21]. Велике значення має низька температура води, яка уповільнює розклад БПР.

Для БПР, як і для вуглеводів, характерний широкий діапазон молекуляр-

ної маси (рис. 9), а це, в свою чергу, свідчить про одночасну наявність у воді як оліго-, так і поліпептидних білкових сполук, а також їхніх комплексів з речовинами інших класів.

На підставі результатів гель-хроматографічних досліджень було виявлено сезонні зміни часток БПР з різною молекулярною масою. Значна частина БПР у воді Китаївського ставу представлена сполуками, молекулярна маса яких не перевищує $2,0$ кДа (їхня середньорічна частка складала 53,3%). Ця фракція білків і зазнала найпомітніших сезонних змін, інтервал яких знаходився в доволі широких межах – від 24,9 до 73,1%. Звертає на себе увагу і той факт, що середньорічна частка БПР з молекулярною масою, яка перевищує $20,0$ кДа, становила 32,0% і змінювалась в межах від 18,1 до 57,4%.

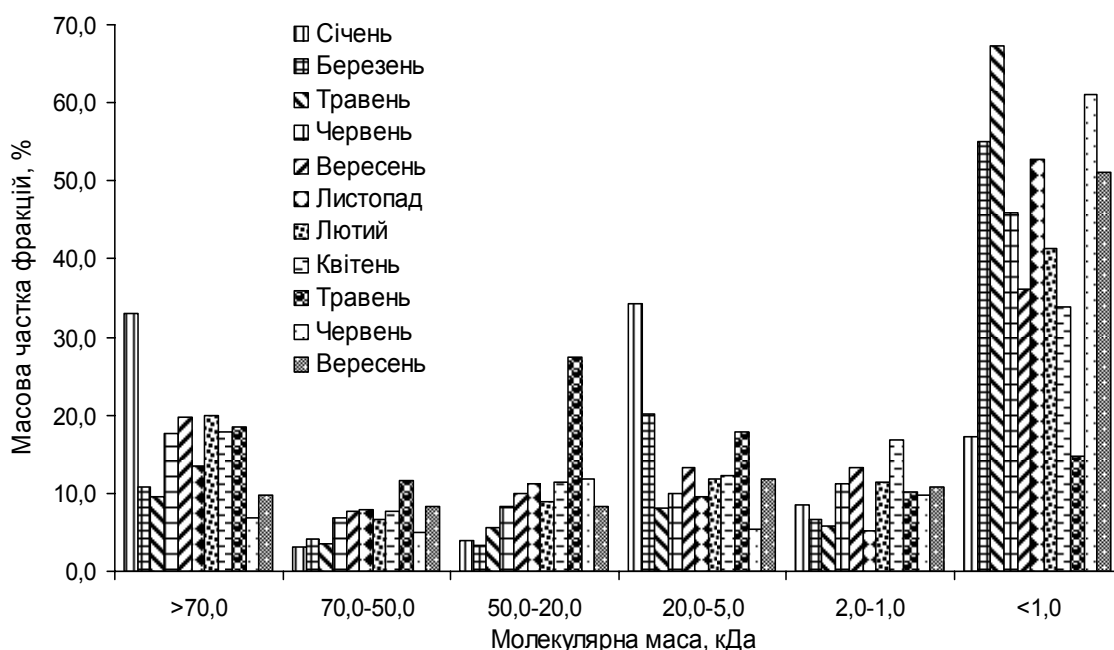


Рис. 9. Співвідношення різних за молекулярною масою фракцій БПР у воді верхнього Китаївського ставу та його сезонні зміни протягом 2011–2012 рр.

Варто зазначити також, що максимальний вміст (33,0%) високомолекулярної фракції БПР (>70 кДа) спостерігався лише взимку 2011 р., коли температура води поверхневого шару була найнижчою за увесь рік. Таким чином, створювались оптимальні умови для їхнього зберігання і накопичення, оскільки за низьких температур швидкість хімічних і біохімічних перетворень найнижча.

Розрахунки частки кожної з досліджуваних груп РОР у воді ставу наведено в таблиці. На підставі одержаних результатів встановлено, що сумарна частка досліджуваних груп органічних речовин у загальному балансі РОР протягом 2011–2012 років змінювалась в межах 55,7–95,1%, а середньорічне значення складало 73,5%. Решту становили інші органічні речовини, які нами не вивчалися.

При цьому частка ГР змінювалась в межах 36,3–74,3%, їхній максимум проявився взимку 2012 р., а мінімум – на початку весни 2011 р. Середньорічний відносний вміст ГР у загальному балансі РОР становив 58,6%. Ці результати вкотре підтверджують, що ГР – найпоширеніша група РОР поверхневих вод.

Таблиця. Сезонні зміни окремих груп РОР у воді верхнього Китаївського ставу

Дата відбору проб	C _{орг} , мг/дм ³	ГР		Вуглеводи		БПР	
		мг/дм ³	%	мг/дм ³	%	мг/дм ³	%
24.01.11	8,9	10,8	60,7	3,38	19,0	1,04	5,8
29.03.11	12,0	8,7	36,3	4,90	20,4	0,66	2,8
17.05.11	9,9	9,2	46,5	2,75	13,9	0,33	1,7
22.06.11	9,6	10,5	54,7	1,40	7,3	0,24	1,3
28.09.11	7,4	11,0	74,3	2,90	19,6	0,18	1,2
20.11.11	8,7	10,6	60,9	1,05	6,0	0,07	0,4
23.02.12	10,3	13,6	66,0	2,97	14,4	0,20	1,9
26.04.12	10,5	9,4	44,8	2,14	10,2	0,14	0,7
27.05.12	7,9	11,0	69,6	1,70	10,8	0,11	0,7
24.06.12	8,1	10,3	63,6	1,50	9,3	0,10	0,6
27.09.12	8,4	11,2	66,7	2,51	14,9	0,22	1,3

Примітка: масові частки кожної з груп РОР розраховано у % C_{орг}.

Середньорічна частка вуглеводів складала 13,3% з доволі широким інтервалом коливань – від 6,0 до 20,4%. Вуглеводи за своєю часткою у загальному балансі РОР знаходяться на другому місці. Найменшим вмістом характеризуються БПР. Їхня частка змінювалась в інтервалі 0,4–5,8%. Звертає на себе увагу той факт, що у 2011 р. вона складала 2,2%, а у 2012 р. не перевищувала 0,9%.

Висновки. За величинами загальних показників вмісту РОР, а саме ПО і ХСК, середній Китаївський став належить до високотрофних водних об'єктів. Він не відноситься до висококольорових водойм, оскільки кольоровість води в ньому змінюється в межах 13,8–22,8° Сг-Со-шкали. Між кольоровістю води і вмістом у ній ГР наявний тісний кореляційний зв'язок.

ГР як за абсолютним (в середньому 10,5 мг/дм³), так і за відносним вмістом (в середньому 58,6%) у воді ставу залишаються найпоширенішою групою серед РОР. У складі ГР домінують фульвокислоти, частка яких досягає 93–98%. З огляду на концентрацію розчинених вуглеводів, яка змінювалась в інтервалі 1,05–4,90 мг/дм³, необхідно зазначити, що Китаївський став належить до водойм, в яких інтенсивно відбуваються процеси продукції і деструкції цих речовин. Вміст БПР змінювався в межах 0,07–1,04 мг/дм³, що свідчить про високу швидкість та інтенсивність трансформації сполук даної групи РОР, зокрема влітку.

Серед ГР знаходяться як низькомолекулярні ($\leq 2,0$ кДа), так і високомолекулярні ($> 5,0$ кДа) фракції, причому відношення між ними близьке 1:1.

Вуглеводи і БПР представлені сполуками зі значно ширшим спектром молекулярної маси, ніж ГР, про що свідчать результати гель-хроматографічних досліджень.

З огляду на результати проведених досліджень треба зазначити, що Китаївський став відноситься до об'єктів, у яких активно розвивається біота та відбуваються важливі процеси накопичення і деструкції РОР, що істотно впливає на їхній компонентний склад. Це, в свою чергу, дає підстави стверджувати про евтрофний, а можливо, і про гіпертрофний статус цієї водойми.

Список літератури

1. Аналітична хімія поверхневих вод / [Б. Й. Набиванець, В. І. Осадчий, Н. М. Осадча, Ю. Б. Набиванець]. – К. : Наук. думка, 2007. – 456 с.
2. Коновалов Ю. Д. / Белки и их реактивные группы в раннем онтогенезе рыб / Ю. Д. Коновалов. – К. : Наук. думка, 1984. – 196 с.
3. Васильчук Т. А. Особенности миграции и распределения основных групп органических веществ в воде Киевского водохранилища в зависимости от кислородного режима / Васильчук Т. А., Осипенко В. П., Евтух Т. В. // Гидробиол. журн. – 2010. – Т. 46, № 6. – С. 105–115.
4. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / [Денисова А. И., Тимченко В. М., Нахшина Е. П. и др.]. – К. : Наук. думка, 1989. – 216 с.
5. 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.
6. Детерман Г. Гель-хроматография / Г. Детерман. – М. : Мир, 1970. – 252 с.
7. Енаки Г. А. О качественном составе органического вещества вод днепровских водохранилищ / Г. А. Енаки // Гидробиол. журн. – 1972. – Т. 8, № 1. – С. 26–31.
8. Линник П. Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П. Н. Линник, Б. И. Набиванец. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 270 с.
9. Линник П. Н. Гумусовые вещества природных вод и их значение для водных экосистем (обзор) / Линник П. Н., Васильчук Т. А., Линник Р. П. // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40, № 1. – С. 81–107.
10. Сосуществующие формы тяжелых металлов в поверхностных водах Украины и роль органических веществ в их миграции / [П. Н. Линник, Т. А. Васильчук, Р. П. Линник, И. И. Игнатенко] // Методы и объекты химического анализа. – 2007. – Т. 2, № 2. – С. 130–146.
11. Линник П. Н. О некоторых особенностях комплексообразования Al(III) с гумусовыми веществами / Линник П. Н., Жежеря В. А., Линник Р. П. // Методы и объекты химического анализа. – 2009. – Т. 4, № 1. – С. 73–84.
12. Аллохтонное и автохтонное органическое вещество в поверхностных водах Карелии / Лозовик П. А., Морозов А. К., Зобков М. Б. и др. // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34, № 2. – С. 225–237.
13. Майстренко Ю. Г. Органическое вещество воды и донных отложений рек и водоемов Украины / Ю. Г. Майстренко. – К. : Наук. думка, 1965. – 240 с.
14. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко та ін. ; [за ред. В. Д. Романенка] ; НАН України. Ін-т гідробіології. – К. : Логос, 2006. – 408 с.
15. Осадча Н. М.

Закономірності міграції гумусових речовин у поверхневих водах України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геогр. наук / Н. М. Осадча. – К., 2011. – 32 с. **16.** Ключенко П. Д. Особенности видового состава фитопланктона Национального природного парка «Голосеевский» (Киев) / Ключенко П. Д., Царенко П. М., Иванова И. Ю. // Гидробиол. журн. – 2010. – Т. 46, № 1. – С. 37–46. **17.** Перминова И. В. Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот : автореф. дис. на соиск. уч. степени д-ра. хим. наук / И. В. Перминова. – М., 2000. – 50 с. **18.** Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А. Д. Семенова. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 542 с. **19.** Сакевич А. И. Экзометаболиты пресноводных водорослей / А. И. Сакевич. – К. : Наук думка, 1985. – 200 с. **20.** Сакевич А. И. О связи между динамикой биомассы фитопланктона и внутригодовыми изменениями содержания растворимых органических веществ в воде некоторых водохранилищ Днепра / А. И. Сакевич. – К., 1986. – 23 с. – Рукоп. деп. в ВИНТИ. **21.** Сакевич О. Й. Алелопатія в гідроекосистемах. / О. Й. Сакевич, О. М. Ксенко ; НАН України, Ін-т гідробіології. – К. : ІГБ, 2008. – 342 с. **22.** Хумитаке С. Органические вещества в водных экосистемах / Секи Хумитаке. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 200 с. **23.** Семенов А. Д. Органические вещества в поверхностных водах Советского Союза : автореф. дис. на соиск. уч. степени д-ра. хим. наук / А. Д. Семенов ; Иркутский гос. ун-тет. – Новочеркасск, 1971. – 41 с. **24.** Сироткина И. С. Хроматографические методы в систематическом анализе природных растворенных органических веществ поверхностных вод : автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. хим. наук / И. С. Сироткина ; ГЕОХИ АН СССР. – М., 1974. – 25 с. **25.** 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. 1626–1632. **26.** Справочник по гидрохимии / под ред. А. М. Никанорова. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – С. 198–201. **27.** Справочник гидрохимика: рыбное хозяйство / [Агатова А. И., Налетова И. А., Зубаревич В. Л. и др.] ; под ред. В. В. Сапожникова. – М.: Агропромиздат, 1991. – 224 с.

Компонентний склад розчинених органічних речовин у воді верхнього Китаївського ставу та його сезонні зміни

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

Узагальнено результати досліджень вмісту та сезонної динаміки РОР, а також їхніх окремих груп (гумусові речовини, вуглеводи, білковоподібні речовини) у воді верхнього Китаївського ставу за період 2011–2012 рр. Для оцінки концентрації РОР використано такі показники як ПО, ХСК і кольоровість води. За результатами визначення ХСК розраховано концентрацію вуглецю органічних сполук ($C_{орг}$). На підставі одержаних результатів розраховано частку кожної з досліджуваних груп РОР у їхньому загальному балансі. Показано, що частка гумусових речовин становить у середньому 58,6%, вуглеводів – 13,3%, білковоподібних речовин – 1,6%. Виявлено сезонні зміни концентрації зазначених груп РОР та наведено дані стосовно їхнього співвідношення. Одержані результати свідчать, що досліджуваний став належить до високотрофних водойм, в якому активно розвивається біота та відбуваються важливі процеси накопичення і деструкції РОР, що істотно впливає на їхній компонентний склад.

Ключові слова: Китаївський став; розчинені органічні речовини; компонентний склад; гумусові речовини; вуглеводи; білковоподібні речовини; сезонні зміни.

Компонентный состав растворенных органических веществ в воде верхнего Китаевского пруда и его сезонные изменения

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

Обобщены результаты исследований содержания и сезонной динамики РОВ, а также их отдельных групп (гумусовые вещества, углеводы, белковоподобные вещества) в воде верхнего Китаевского пруда за период 2011–2012 гг. Для оценки концентрации РОВ использованы такие показатели как ПО, ХПК и цветность воды. По результатам определения ХПК рассчитана концентрация углерода органических соединений ($C_{орг}$). На основании полученных результатов рассчитана доля каждой из исследованных групп РОВ в их общем балансе. Показано, что доля гумусовых веществ составляет в среднем 58,6%, углеводов – 13,3%, белковоподобных веществ – 1,6%. Выявлены сезонные изменения концентрации указанных групп РОВ и приведены данные об их соотношении. Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследованный пруд принадлежит к высокотрофным водоемам, в котором активно развивается биота и происходят важные процессы накопления и деструкции РОВ, что существенно влияет на их компонентный состав.

Ключевые слова: Китаевский пруд; растворенные органические вещества; компонентный состав; гумусовые вещества; углеводы; белковоподобные вещества; сезонные изменения.

Component composition of the dissolved organic matter in water of the upper Kytaiv pond and its seasonal changes

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

Results of researches of the content and seasonal dynamics of DOM and their separate groups (humic substances, carbohydrates, protein-like substances) in water of the upper Kytaiv pond for the period 2011-2012 are generalized. Such parameters as chemical oxygen demand (permanganate and dichromate methods of determination) and water colority are used for an estimation of DOM concentration. By results of determination of COD (dichromate method) the concentration of organic carbon (C_{org}) is calculated. On the basis of the received results the share of each of investigated groups of DOM in their total balance is calculated. It is shown that the share of humic substances is in averages 58,6%, carbohydrates – 13,3%, and protein-like substances – 1,6%. Seasonal changes of concentration of studied groups of DOM are revealed and data about their correlation are given. The received results testify that the investigated pond belongs to high a trophic reservoir in which biota actively develops and there are important processes of accumulation and destruction of DOM that essentially influences on their component composition.

Keywords: Kytaiv pond; the dissolved organic matter; component composition; humic substances; carbohydrates; protein-like substances; seasonal changes.

Надійшла до редколегії 13.12.2012

УДК 556.531.4 (282.247.32)

Осипенко В.П.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

МОЛЕКУЛЯРНО-МАСОВИЙ РОЗПОДІЛ ВУГЛЕВОДІВ І БІЛКОВОПОДІБНИХ РЕЧОВИН У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМАХ

Ключові слова: вуглеводи; білковоподібні речовини; молекулярно-масовий розподіл; поверхневі води

Постановка проблеми. Вуглеводи (В) і білки як гідрохімічна складова належать до найбільш досліджених груп розчинених органічних речовин (РОР). Значні кількості В надходять у водні об'єкти з поверхневим стоком внаслідок їхнього вимивання з ґрунтів, торф'яників, з атмосферними опадами, зі стічними водами підприємств. Потужним автохтонним джерелом В є водорості, особливо в період "цвітіння" водойм. Концентрація В у воді в період вегетації водоростей у 2–5 разів вища, ніж звичайно. Вони знаходяться у поверхневих водах у вигляді моно-, ди-, оліго- та полісахаридів, а також у складі комплексів з іншими групами речовин, тому їхня молекулярна маса (ММ) коливається в широких межах – від 0,1 до 1000,0 кДа.

Важливими компонентами РОР, незважаючи на невисоку концентрацію у воді, вважаються білки, природна структура яких підтримується лише в специфічних умовах. У сезон відмирання водоростей і гідролізу оболонок їхніх клітин білки, які представлені високомолекулярними сполуками з ММ від 5,0 до 1000,0 кДа, надходять у водне середовище, де поступово розпадаються на поліпептидні ланцюжки – білковоподібні речовини (БПР). Далі значна їхня кількість під дією протеолітичних ферментів розщеплюється на пептиди та амінокислоти і активно поглинається водяними організмами.

Періодичні коливання концентрацій В і БПР співпадають в часі з продукційними або деструкційними процесами у водоймах [1, 2, 5]. Залежно від цього змінюється і кількісне співвідношення цих сполук з різними ММ. Таким чином, молекулярно-масовий розподіл (ММР) РОР у воді різних водойм слугує важливою характеристикою не тільки кількісного складу, але й ступеня трансформації, яка супроводжує процеси хімічної і біологічної деструкції

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

органічних речовин. За ММ макромолекул РОР можна опосередковано оцінювати їхню лабільність, функціональні властивості, біодоступність для гідробіонтів у водних екосистемах. У наших попередніх дослідженнях з визначення ММР в межах окремих груп РОР ми вивчали їхні співвідношення в модельних системах “вода – донні відклади” за дії різних абіотичних чинників [3, 8].

Метою цієї роботи було вивчення ММР В і БПР, а також дослідження їхніх відмінностей залежно від дії сезонного і просторового чинників у різних водних об'єктах.

Методика досліджень. Проби води у досліджуваних водоймах відбирали за допомогою батометра Рутнера. Для відділення РОР воду пропускали через мембранні фільтри “Synpro” з діаметром пор 0,4 мкм, Чехія. Фракціонування РОР проводили методом іонообмінної хроматографії з використанням ДЕАЕ- та КМ-целюлоз [11], після чого визначали загальну концентрацію В за допомогою антрону [10] і БПР методом Фоліна-Лоурі [6]. ММР В і БПР вивчали методом гель-хроматографії на нейтральному сефадексі G-50 (Molselect, Угорщина). Для градування колонки використовували білки та поліетиленгліколи з відомою ММ, для визначення вільного об'єму – полісахарид блюдекстран з ММ 2,5 млн кДа [11].

Результати досліджень та їх обговорення. Як було зазначено, В та БПР у водному середовищі представлені сполуками з широким спектром ММ. У табл. 1 наведено загальний вміст та відсоткові частки В і БПР різної ММ після гель-хроматографічного фракціонування води, відібраної в межах верхньої ділянки Канівського водосховища протягом року.

Таблиця 1. Вміст і молекулярно-масовий розподіл вуглеводів та білковоподібних речовин у воді верхньої ділянки Канівського водосховища у 2007 р.

Сезони року	Вміст, мг/дм ³	Частка органічних сполук з різною ММ, %				
		>30 кДа	20-30 кДа	10-20 кДа	1-10 кДа	<1 кДа
Вуглеводи						
Зима	1,53	4,7	30,4	27,8	6,8	30,3
Весна	2,20	14,8	18,5	14,8	17,5	34,4
Літо	2,84	9,5	17,0	15,7	9,2	48,6
Осінь	1,91	9,0	21,0	19,9	12,2	37,9
Білковоподібні речовини						
Зима	0,31	2,7	17,6	46,8	2,2	30,7
Весна	0,43	4,1	17,2	20,1	7,7	50,9
Літо	0,63	12,6	9,4	7,6	5,8	64,6
Осінь	0,45	9,9	19,7	17,8	12,9	39,7

Як видно з таблиці, вміст у воді вуглеводних і білкових сполук залежав від пори року і коливався в межах 1,53–2,84 мг/дм³ (В) та 0,31–0,63 мг/дм³ (БПР). Сезонні зміни у загальному розподілі В і БПР мали тенденцію до підвищення їхньої концентрації від зими до весни з максимальними значеннями влітку, восени спостерігали суттєве зменшення загального вмісту органічних речовин внаслідок затухання процесів життєдіяльності у водоймі. Що стосується ММР зазначених РОР, то взимку серед БПР домінували сполуки з ММ від 10 до 20 кДа (46,8%), серед В – з ММ від 10 до 30 кДа (58,2%). В сезонному аспекті, частки як високомолекулярних (>30 кДа), так і низькомолекулярних (<1 кДа) РОР, у цю пору року були найменшими.

Найбільший відсоток високомолекулярних сполук спостерігали у весняно-літній період. Так, сполуки з ММ>30 кДа переважали навесні серед В та влітку

серед БПР. Відповідно їхні частки становили 14,8 та 12,6% і були у 3,0 і 4,5 рази вищі, ніж взимку. Це можна пояснити тим, що навесні з підвищенням температури води активізується фотосинтетична діяльність водоростей і збільшується концентрація РОР у воді [1], зокрема, їхньої високомолекулярної частки. Влітку з подальшим зростанням температури посилюються також деструкційні процеси у водосховищі [5], що призводить до збільшення вмісту у воді низькомолекулярних В і БПР. Їхні фракції з ММ<1 кДа домінували саме влітку і становили 48,6% (В) та 64,4% (БПР), що в 1,5–2,0 рази більше, ніж відповідних фракцій взимку. У воді дніпровських водосховищ в теплу пору року проходить до 5–6 циклів синтезу і деструкції органічних речовин [7], тому частка низько- і високомолекулярних сполук у цей період є стабільно високою.

Восени відмирання гідробіонтів і руйнування їхніх клітин супроводжується осіданням продуктів розпаду на дно, про що свідчить зменшення вмісту В і БПР у поверхневому шарі води відповідно до 1,91 та 0,45 мг/дм³ (осінь) проти 2,84 та 0,63 мг/дм³ (літо). В цю пору року внаслідок зниження метаболізму клітин спостерігали зменшення як високомолекулярних, так і низькомолекулярних РОР, проте частки вуглеводних і білкових сполук із середніми ММ суттєво збільшилися (див. табл. 1).

У дослідженнях, проведених раніше, на прикладі водойм з уповільненим водообміном ми з'ясовували чинники, які впливають на концентрацію РОР у поверхневому та придонному шарах води посезонно [4]. В цій роботі вивчалися відмінності, пов'язані з перерозподілом фракцій різної ММ влітку у поверхневому і придонному шарах води оз. Вербоного, розташованого в межах м. Києва. Як випливає з даних табл. 2, концентрації В і БПР у поверхневому шарі води перевищували такі у придонному шарі, що можна пояснити суттєвим прогріванням води (до 24 °С) та активним розвитком фітопланктону.

Таблиця 2. Вміст і молекулярно-масовий розподіл вуглеводів та білковоподібних речовин у воді оз. Вербоного влітку 2007 р.

Точка відбору проб	Вміст, мг/дм ³	Частка органічних сполук з різною ММ, %				
		>30 кДа	20-30 кДа	10-20 кДа	1-10 кДа	<1 кДа
Вуглеводи						
Поверхня	4,46	10,0	14,4	12,9	16,5	46,2
Дно	3,47	7,6	12,5	11,0	16,0	52,9
Білковоподібні речовини						
Поверхня	1,30	7,0	12,8	10,1	12,5	57,6
Дно	1,04	6,5	9,8	8,0	12,4	63,3

Частка фракцій з ММ>20 кДа була також вищою у поверхневому шарі і становила 19,8 проти 16,3% для В та 24,4 проти 20,1% для БПР, що є підтвердженням переваги продукційних процесів у поверхневому шарі води в цей період. Одночасно на глибині 13,5 м температура становила 12 °С, а вміст розчиненого кисню не перевищував 2,8 мг/дм³ (26,0% насичення). Такі умови на межі "вода–донні відклади" влітку за дефіциту кисню призводять до посилення десорбції РОР з донних відкладів і збільшення їхньої концентрації у придонному шарі, в першу чергу, за рахунок низькомолекулярних сполук [3]. Так, частка низькомолекулярних фракцій на дні превалювала над такою у поверхневому шарі і становила 63,3 мг/дм³ (В) та 52,2 мг/дм³ (БПР). Додатково збільшувати цю частку можуть мікроорганізми, які беруть участь у процесі анаеробної деструкції органічних сполук, що осідають на дно.

На прикладі різних ділянок Київського водосховища ми вивчали особливості ММР В та БПР у просторовому аспекті. Точки відбору проб, представлені в табл. 3, дають можливість простежити різні джерела надходження РОР у водосховище і зміни, які відбуваються з ними вздовж акваторії. Прип'ятський відріг є місцем виносу сильно забарвленої, збагаченої гумусовими речовинами води басейну р. Прип'яті, а Дніпровський відріг – слабо забарвленої, “чистої” води Дніпра. При їхньому змішуванні відбувається формування водного режиму Київського водосховища. Точка с. Страхолісся розташована на правому березі середньої частини, а с. Ровжі – на лівому березі нижньої озерної частини водойми. Пригреблевою ділянкою позначена точка відбору води у районі верхнього б'єфу Київської ГЕС.

Таблиця 3. Вміст і молекулярно-масовий розподіл вуглеводів та білковоподібних речовин у воді Київського водосховища у вересні 2010 р.

Точка відбору проб	Вміст, мг/дм ³	Частка органічних сполук з різною ММ, %				
		>30 кДа	20-30 кДа	10-20 кДа	1-10 кДа	<1 кДа
Вуглеводи						
Прип'ятський відріг	1,88	21,8	29,9	15,5	4,0	28,8
Дніпровський відріг	1,35	14,0	24,1	23,8	5,7	32,4
с. Страхолісся	1,46	16,5	30,5	16,5	4,7	36,5
с. Ровжі	1,51	10,5	19,4	24,7	8,2	37,2
Пригреблева ділянка	1,71	10,2	21,8	20,3	7,7	40,0
Білковоподібні речовини						
Прип'ятський відріг	0,40	8,5	20,4	16,8	12,2	42,1
Дніпровський відріг	0,45	6,1	16,9	19,2	18,3	39,5
с. Страхолісся	0,40	6,7	20,2	17,2	7,1	48,3
с. Ровжі	0,48	7,2	10,9	21,8	10,9	49,2
Пригреблева ділянка	0,62	5,9	12,7	15,9	11,1	54,4

Аналізуючи відмінності у ММР досліджуваних РОР, можна відмітити зменшення відсотка вуглеводних і білкових сполук з ММ>30 кДа і збільшення відсотка зазначених сполук з ММ<1 кДа від верхньої частини водосховища до нижньої. У воді Прип'ятського відрігу, наприклад, максимальний вміст високомолекулярних сполук з ММ>20 кДа становив 51,7% (В) і 28,9% (БПР). Води р. Прип'яті, як відомо, несуть велику кількість алохтонних органічних речовин торф'яного і болотного походження, які характеризуються наявністю більшої частки високомолекулярних сполук, ніж в інших природних водах [9]. В той же час у воді пригреблевої ділянки відмічали найбільшу частку низькомолекулярних В і БПР – 40,0 та 54,4% відповідно, що свідчить про високий ступінь трансформації цих речовин. Слід зазначити, що нижня пригреблева ділянка Київського водосховища вирізняється більш сприятливим кисневим режимом, ніж верхня, вода якої насичена РОР гумусового походження, але збіднена киснем. Тому вуглеводні і білкові речовини, які належать до легко окиснюваних органічних

сполук, в нижній частині водойми представлені найбільшим відсотком низькомолекулярних РОР.

Серед відмінностей ММР В і БПР, виділених з води середньої частини Київського водосховища, слід відмітити більший відсоток речовин з ММ>20 кДа у правобережній частині водойми (с. Страхолисса) порівняно з лівобережною (с. Ровжі): відповідно 47,0 та 39,9 мг/дм³ (В) і 26,9 та 18,1 мг/дм³ (БПР). В низькомолекулярній частці фракцій цих речовин (<1 кДа) у зазначених точках відбору суттєвих розбіжностей не виявлено. Схожі закономірності спостерігали також при порівнянні ММР РОР у воді Прип'ятського (права частина) і Дніпровського (ліва частина) відрогів.

Висновки. На прикладі сезонних змін ММР вуглеводних і білкових речовин у воді верхньої частини Канівського водосховища показано, що частка високомолекулярних (>30 кДа) і низькомолекулярних (<1 кДа) сполук збільшувалась від зими до літа, що відбувалося на фоні посилення як продукційних, так і деструкційних процесів у водоймі в теплу пору року. Восени знизилася частка обох груп сполук із зазначеною ММ. Одночасно збільшився вміст В і БПР з ММ від 10 до 30 кДа, що в період загального зменшення концентрацій цих речовин у воді відповідало затуханню життєдіяльності гідробіонтів.

При порівнянні ММР зазначених РОР у поверхневому і придонному шарах води оз. Вербного відмічено перевищення низькомолекулярних речовин влітку у придонному шарі за глибокого дефіциту кисню у ньому. Така тенденція могла бути спричинена як посиленням процесів анаеробної деструкції на дні, так і десорбцією низькомолекулярних сахарів і пептидів з донних відкладів.

У просторовому аспекті (вздовж акваторії Київського водосховища), спостерігається зменшення відсотка високомолекулярних (>30 кДа) і збільшення відсотка низькомолекулярних (<1 кДа) В і БПР від верхньої частини водосховища до нижньої. Важливим чинником такого розподілу є кисневий режим, більш сприятливий для трансформації легко окиснюваних В і БПР саме у нижній частині водосховища.

Отже, велика частка низькомолекулярних сполук може свідчити про перевагу деструкційних процесів над продукційними в різні пори року і здатність поверхневої водойми до самоочищення. А вищий, ніж звичайно, відсоток високомолекулярних фракцій, навпаки, може бути показником застійних явищ у ньому, антропогенного забруднення тощо. Тому сезонні і просторові зміни ММР РОР у комплексі з іншими гідрохімічними показниками дозволяють оцінити екологічний стан водного об'єкта.

Список літератури

1. Васильчук Т. А. Компонентный состав растворенных органических веществ некоторых притоков р. Днепр и его взаимосвязь с развитием водорослей / Т. А. Васильчук, П. Д. Ключенко // Гидробиол. журн. – 2003. – Т. 39, № 5. – С. 101–114.
2. Васильчук Т. А. Углеводы в воде днепровских водохранилищ / Т. А. Васильчук, П. Н. Линник // Гидробиол. журн. – 1996. – Т. 32, № 2. – С. 99–104.
3. Васильчук Т. А. Донные отложения как источник вторичного загрязнения поверхностных вод органическими веществами в зависимости от абиотических факторов / Т. А. Васильчук, В. П. Осипенко // Совр. фундамент. проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод России : Матер. науч. конф. (Азов, 8–10 июня 2009 г.). – Ростов/Д., 2009 – С. 35–38.
4. Васильчук Т. О. Вплив аеробних та анаеробних умов на міграцію та розподіл органічних речовин у водоймах з уповільненим водообміном / Васильчук Т. О., Осипенко В. П., Євтух Т. В. // Совр. проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений : Матер. Междунар. науч. конф. (Херсон, 26–29 авг. 2008 г.). – Херсон, 2008 – С. 83–87.
5. Головки Т. В. Особенности функционирования бактериопланктона верхнего участка Каневского водохранилища на современном этапе его существования / Головки Т. В., Якушин В. М., Тронько Н. И. // Гидробиол. журн. – 2010. – Т. 46, №5. – С. 90–101.
6. 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.
7. Гидрология и гидрохимия Днепра и его

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

водохранилищ / Денисова А. Н., Тимченко В. М., Нахшина Е. П. и др. – К. : Наук. думка, 1989. – 216 с. **8.** Осипенко В. П. Влияние минерализации на обмен органическими соединениями между донными отложениями и водой / В. П. Осипенко, Т. А. Васильчук // Гидробиол. журн. – 2008. – Т. 44, № 1. – С. 105–114. **9.** Перминова И. В. Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот : автореф. на соиск. уч. степени дис. докт. хим. наук / И. В. Перминова. – М., 2000. – 50 с. **10.** Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А. Д. Семенова. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 542 с. **11.** 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. 1626–1632.

Молекулярно-масовий розподіл вуглеводів і білковоподібних речовин у поверхневих водоймах

Осипенко В. П.

Представлені результати вивчення молекулярно-масового розподілу вуглеводів і білковоподібних речовин у різних поверхневих водоймах. Показані зміни співвідношення зазначених розчинених органічних речовин з різною молекулярною масою залежно від сезонного і просторового чинників.

Ключові слова: вуглеводи; білковоподібні речовини; молекулярно-масовий розподіл; поверхневі водойми.

Молекулярно-массовое распределение углеводов и белковоподобных веществ в поверхностных водоемах

Осипенко В. П.

Представлены результаты изучения молекулярно-массового распределения углеводов и белковоподобных веществ в различных поверхностных водоемах. Показаны изменения соотношения указанных растворенных органических веществ в зависимости от сезонного и пространственного факторов.

Ключевые слова: углеводы; белковоподобные вещества; молекулярно-массовое распределение; поверхностные водоемы.

The molecular mass distribution of the carbohydrates and protein-like substances in different surface water bodies

Osypenko V. P.

The results of study of the molecular mass distribution carbohydrates and protein-like substances in surface water bodies are presented. The changes of correlation these dissolved organic substances in dependence on the seasonal and spatial factors are shone.

Keywords: carbohydrates; protein-like substances; molecular mass distribution; surface water bodies.

Надійшла до редколегії 24.12.2012

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

УДК 556.114

Наконечна М.В., Соловей Т.В.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ХІМІЧНОЇ ДЕНУДАЦІЇ В ДОЛИНІ Р. ЧОРНИЙ ПОТІК (ПРУТ-ДНІСТРОВСЬКЕ МЕЖИРІЧЧЯ)

Ключові слова: антропогенний вплив; хімічна денудація; геохімічне моделювання; водневий показник pH; електропровідність

Постановка проблеми. Процес карстоутворення, а саме - сукупність взаємопов'язаних процесів розчинення водою гірських порід - є одним із прикладів особливостей формування навколишнього середовища.

Трансформуючим чинником сучасних карстових процесів є антропогенний вплив: порушення режиму природного водообміну в карстових товщах при розробці корисних копалин, при водозаборі, при створенні штучних водойм, забруднення природних вод продуктами господарської діяльності та інше.

Актуальною проблемою при вивченні карсту є кількісна оцінка його активності, яка тісно пов'язана зі стійкістю території відносно карстових провалів.

Високий рівень техногенного навантаження на природні системи, зміна природнокліматичних умов, які призвели до активізації карстових процесів, визначили за мету виконаних досліджень оцінку гідрогеологічних та гідрохімічних умов розвитку карстових порожнин у міоценовій сульфатній товщі.

В якості полігону дослідження вибрано долину р. Чорний Потік – правої притоки Дністра, розташовану у Заставнівському карстовому районі. Для вивчення активності карстової денудації ця територія є достатньо репрезентативною. Тут присутнє як тріщинно-карстове та інфільтраційне поглинання поверхневого стоку, так і концентроване поглинання водотоків. За таких умов при інтенсивному водообігу через гіпси карстова денудація відзначається високою активністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням карстових процесів та явищ на терені Буковини займалися як вітчизняні, так і зарубіжні вчені. Зокрема, вагомий внесок у розвиток провідних напрямів спелеології та карстознавства зроблено науковцями Чернівецької області. Їх результати представлені в працях Андрійчука В.М., Коржика В.П., Воропай Л.І., Рідуша Б.Т., Проскурняка М.М. та ін. Питаннями антропогенного карсту, розвиваючи теоретичні засади техногенного карстогенезу, займалися Коржик В.П та Андрійчук В.М. [5].

Детальні й режимні дослідження хімічного складу річкових вод у Чернопотоцькому карстовому районі раніше не проводилися. Відомі лише узагальнені дані про агресивність карстових вод на цій території, отримані у 2000-2002 рр. [4].

Постановка завдання. Метою нашого дослідження є аналіз чинників, які впливають на активність карстової денудації в долині Чорного Потіку в межах гіпсового карстового масиву. Предметом дослідження є вплив антропогенного навантаження на активність хімічної денудації в долині Чорного Потіку. Головним

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

завданням даної роботи було вивчення впливу забруднення поверхневих вод на інтенсивність хімічної карстової денудації.

Матеріали та методика досліджень. Активність карстової денудації в долині Чорного Потoku оцінювалась на основі результатів польових-експедиційних та лабораторних досліджень.

Починаючи з жовтня 2008 р. проведені систематичні дослідження низки фізико-хімічних параметрів вод в долині Чорного Потoku, що дозволило відстежити зміну агресивності вод щодо розчинення гіпсів.

Проведені експерименти по розчиненню гіпсів водою і виконане геохімічне моделювання цього процесу. Для цього зразки гіпсу однакової маси оброблялися водними розчинами з різними фізико-хімічними властивостями. Вимірювалися рН і мінералізація кінцевого розчину (кондуктометричним методом).

Виклад основного матеріалу. Природні води у Заставнівському карстово-степовому районі належать до незахищених або умовно захищених. За даними паспортизації об'єктів сільськогосподарського водопостачання ці води майже скрізь забруднені. На фоні загальної природної зональності складу поверхневих вод, яка продовжує зберігатися, відчутні зміни в гідрохімічні процеси вносять антропогенні фактори: використання засобів хімізації земель, формування значних обсягів твердих і рідких відходів, забруднення ландшафтів у межах виробничих комплексів. На карст впливають сільськогосподарські роботи, лінії електропередач, залізничні та автомобільні дороги, комунікаційні споруди та водопроводи, об'єкти громадського та промислового будівництва, гідротехнічні споруди, а також загальне забруднення повітря та ґрунтів речовинами, що підвищують агресивність вод.

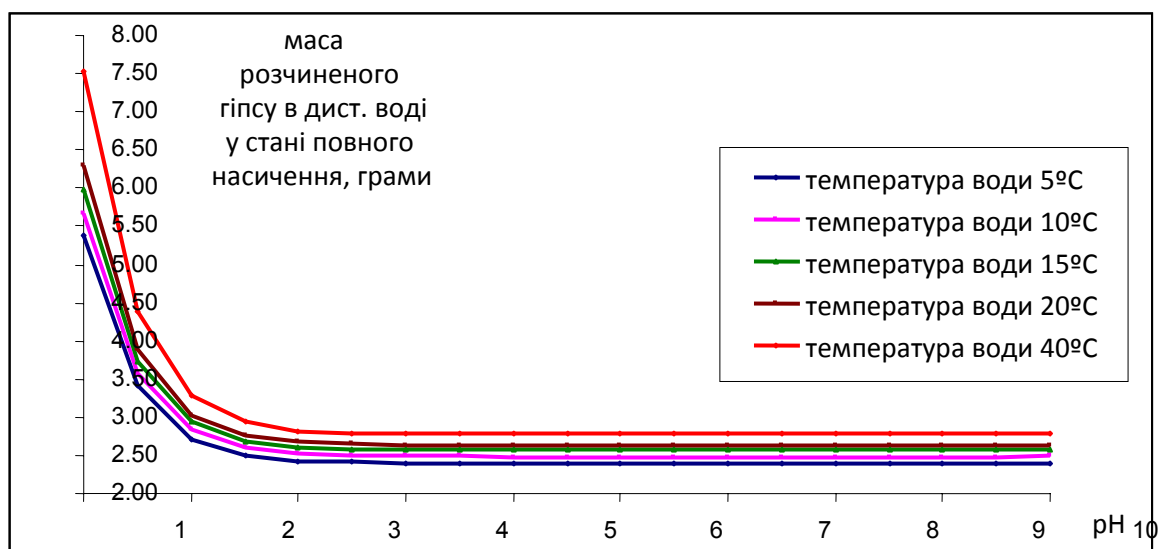
Як відомо, велике значення для хімічних і біологічних процесів, які проходять у природних водах, має концентрація іонів водню. Від величини рН, зокрема, залежить стійкість різних форм міграції елементів, швидкість протікання хімічних реакцій, агресивна дія води на гірські породи. Водневий показник води також впливає на процеси перетворення різних форм біогенних елементів, змінює токсичність забруднюючих речовин тощо.

Підземні води, як правило, мають рН близьке до 7. Води, інфільтраційного походження, які поширені у кристалічних породах, характеризуються дещо нижчим рН, ніж аналогічні в осадових породах [1].

За досліджуваний період негативним явищем регіону є збільшення вмісту азотовмісних сполук у поверхневих водах, що обумовлено кількома взаємопов'язаними факторами. Кількість азотовмісних сполук району залежить, зокрема, і від типу ґрунтів, тобто від можливостей легко просочуватись через пухкий чорноземний шар ґрунту. Тут спостерігаються значні площі меліорованих ґрунтів, а скидання дренажних вод відбувається у найближчі карстові лійки.

Важливою проблемою є наявність у природних водах підвищеного вмісту важких металів та нафтопродуктів. Так, середні концентрації нафтопродуктів у водах Заставнівського району становили 1 - 3 ГДК, , сполук міді 3 - 12 ГДК, цинку 1 - 2 ГДК тощо.

Моделювання розчинення чистого гіпсу у дистильованій воді при змінному водневому показнику рН (рис. 1) показало, що незалежно від температури води, у кислому середовищі може розчинитись значно більша кількість чистого гіпсу.

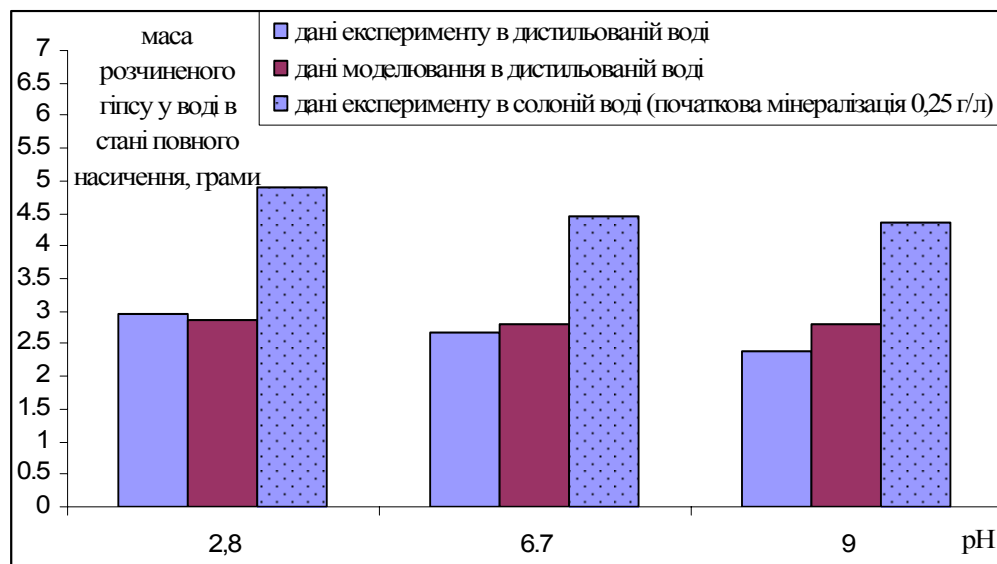


**Рис. 1. Вплив рН води на розчинність гіпсів
(за даними геохімічного моделювання)**

Так, при рН меншому 3 інтенсивність розчинення гіпсу зросла практично втричі (від 2,5 до 7,5 грам).

За даними проведеного експерименту розчинення гіпсу, встановлено, що у кислому середовищі (рН=2,8) в дистильованій воді розчинилося на 20% більше гіпсу, ніж у лужному (рН=9), в солоній воді спостерігається аналогічна тенденція, тільки різниця становить 10% (рис. 2).

Природні води завжди містять певну кількість розчинених субстанцій, які виступають у формі іонів, і можуть брати участь у проведенні струму. Для непрямої (опосередкованої) оцінки мінералізації вод ми використовували виміри електропровідності води (PEW). Одиницею виміру є мікросіменси на сантиметр – $\mu\text{S}/\text{cm}$.



**Рис. 2. Вплив рН води на розчинність гіпсів
(за даними експерименту і геохімічного моделювання)**

Електропровідність слугує добрим показником для ідентифікації вогнищ забруднення у польових умовах. Переважно величина PEW у природних водах не перевищує 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. В загальному величини вищі 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ можуть вказувати

на антропогенне забруднення. Стічні комунально-побутові води або ґрунтові води біля сміттєзвалищ в даному регіоні мають величину РЕW понад 20 000 $\mu\text{S}/\text{см}$.

Погіршення стану якості природних вод в долині р. Чорний Потік, зумовлене антропогенною діяльністю, відбувається в декількох напрямках. Зменшення рівня води у верхніх шарах землі, може бути пов'язане із неправильним видобуванням будівельних матеріалів та іншими діями, призводить до збільшення вмісту сульфатних та хлоридних солей, підвищення жорсткості у ґрунтових водах [5]. На даний час, практично у кожній карстовій лійці в зоні транспортної досяжності від найближчих населених пунктів влаштовані несанкціоновані смітники з різним за характером та походженням сміттям. Основною причиною є відсутність у певних населених пунктах офіційних сміттєзвалищ, або далека відстань до них, необізнаність населення з наслідками таких вчинків тощо.

Висновки про вплив мінералізації на розчинність гіпсів зроблені на підставі геохімічного моделювання і експерименту. Мінералізацію задавали штучно, насичуючи дистильовану воду сіллю – хлоридом натрію. Вибір цієї солі не був випадковим, а пояснюється тим, що хлориди характеризуються найвищою консервативністю і мобільністю та часто домінують в забруднених водах. Відносно високий їх вміст спостерігається у ґрунтових водах днища долини р. Чорний Потік, що пов'язано з добрими міграційними властивостями і його акумуляцією в цих ландшафтах.

Таким чином, виявлено вплив мінералізації хлоридно-натрієвої води на розчинність гіпсів при різній температурі. Як видно з рис.3, спостерігається пряма залежність між цими показниками, розчинність гіпсів при збільшенні мінералізації води (вмісту хлориду-натрію) поступово і рівномірно зростає.

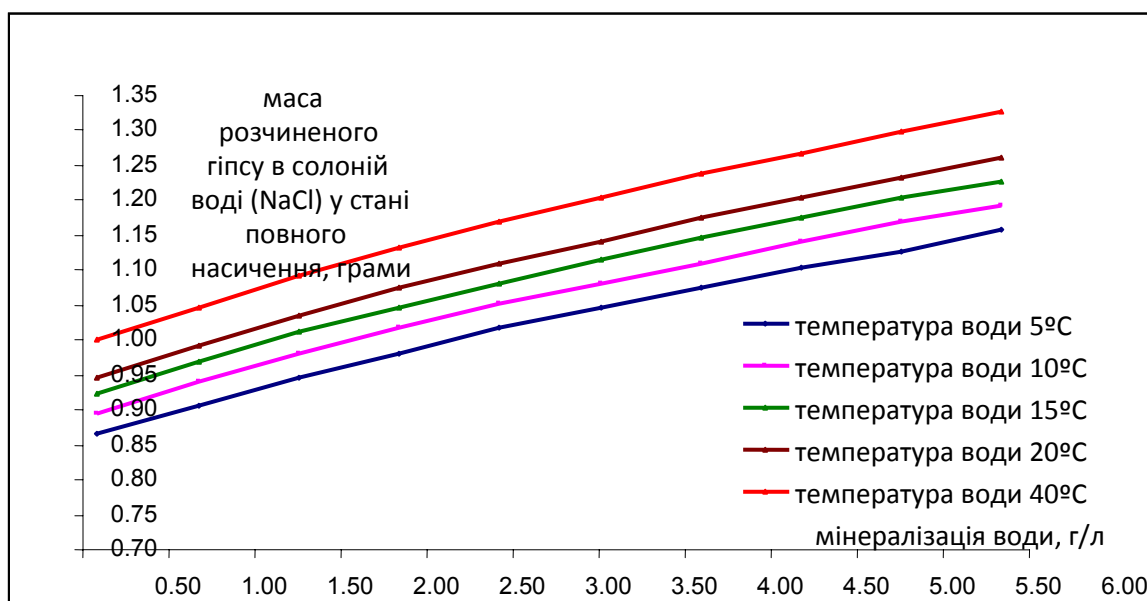


Рис. 3. Вплив мінералізації хлоридно-натрієвих вод на розчинність гіпсів (за даними геохімічного моделювання)

Результати експерименту показали, що при сталій температурі (5⁰C) у солоній воді (хлоридно-натрієвій) розчинність гіпсів краща, ніж у дистильованій: у дистильованій розчинилося лише близько 3 грам гіпсу, а в солоній близько 5. Навіть у маломінералізованій воді (початкова мінералізація 0,25 г/л) розчиниться практично у 1,5 рази більше маси чистого гіпсу, ніж у дистильованій воді.

Висновки. Актуальним для Чорнопотоцького карстово-степового масиву є: забруднення природних вод та антропогенна активізація хімічної денудації.

Внаслідок нераціональної господарської діяльності натуральне середовище потоку зазнало значних перетворень: змінився іонний баланс вод в гіпсовому масиві, зросла відносна частка сульфатних іонів, збільшився рівень їх забруднення.

Найвищої інтенсивності карстовий процес досягає у місцях поглинання поверхневих вод. Інтенсивність розчинення гіпсів збільшується при наявності хлорид-іонів.

Список літератури

1. Аксьом С.Д. Вплив сульфатного карсту на хімічний склад природних вод у басейні Дністра / С. Д. Аксьом, В. К. Хільчевський. – К. : Ніка-Центр, 2002. – 204 с. 2. Андрейчук В. Н. Карст как геоекологический фактор / В. Н. Андрейчук ; Высшая школа карстологии, Мн-т карстологии и спелеологи. – Сосновец – Симферополь, 2007. – 137 с. 3. Гуцуляк М. В. Стан навколишнього середовища і його вплив на трудові ресурси Чернівецької області / В. М. Гуцуляк. – Чернівці : Прут, 1998. – 152 с. 4. Заремська О. Агресивність карстових вод як показник активності карстового процесу (на прикладі районів гіпсового карсту Чернівецької області) / О. Заремська // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т.5. – С. 383–388. 5. Коржик В. П. Карст і печери Буковини. Проблеми моніторингу, охорони і використання / В. П. Коржик. – Чернівці : Зелена Буковина, 2007. – 304 с. 6. Косовець О. Оцінка якості поверхневих вод за даними спостережень організацій гідрометслужби мінприроди України / О. Косовець, І. Колісник // Актуальні питання якості води в Україні : Матеріали наук.-практ. Семінару. – К., 2004. – С. 14-22. 7. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод / С. І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 264 с. 8. Соловей Т. В. Гіпсовий карст та іонний стік у долині Чорного Потоку (Прут-Дністровське межиріччя) / Т. В. Соловей // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – Т.13. – С. 123-132. 9. Соловей Т. Геохімічне моделювання як комп'ютерний алгоритм для дослідження процесів формування хімічного складу вод / Т. Соловей, К. Юзвяк // Географія в інформаційному суспільстві : наук. зб. у 4-х тт. – К. : ВГЛ «Обрії», 2008. – Т.ІІІ. – С. 93-94.

Вплив забруднення поверхневих вод на інтенсивність хімічної денудації в долині р. Чорний Потік (Прут-Дністровське межиріччя)

Наконечна М.В., Соловей Т.В.

В роботі проведено аналіз впливу забруднення поверхневих вод на активність хімічної денудації в долині р. Чорний Потік. Обґрунтовано залежність карстових процесів від господарської діяльності краю з врахуванням природних особливостей території. Виявлено, що інтенсивність розчинення гіпсів збільшується при наявності різноманітних іонів, особливо хлоридів.

Ключові слова: антропогенний вплив; хімічна денудація; геохімічне моделювання; водневий показник рН; електропровідність.

Влияние загрязнения поверхностных вод на интенсивность химической денудации в долине р. Черный Поток (Прут-Днистровское междуречье)

Наконечная М.В., Соловей Т.В.

В работе проведен анализ влияния загрязнения поверхностных вод на активность химической денудации в долине р. Черный Поток. Обосновано зависимость карстовых процессов от хозяйственной деятельности края с учетом естественных особенностей территории. Обнаружено, что интенсивность растворения гипсов увеличивается при наличии разноименных ионов, особенно хлоридов.

Ключевые слова: антропогенное влияние; химическая денудация; геохимическое моделирование; водородный показатель рН; электропроводимость.

The influence of pollution of surface waters in the intensity of chemical denudation in the valley of the Black Stream (the Prut-Dnisters country between land)

Nakonechna M.V., Solovey T.V.

This paper work analyzes the impact of surface water contamination on the activity of chemical denudation in the valley of the Black Stream. The dependence of karst processes is reasonable on economic activity of edge with regard to natural features of the territory. It is found that the intensity of gypsum dissolution is increased in the presence of unlike ions, especially chloride.

Keywords: human impact, chemical denudation; geochemical modeling; pH value; conductivity.

Надійшла до редколегії 08.02.2013

Смирнова В. Г.

ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

ТРАНСФОРМАЦІЯ РІЧОК ТА РІЧКОВИХ РУСЕЛ (НА ПРИКЛАДІ РІЧКОВИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Ключові слова: *деградація, трансформація, замулення русел, болотно-мочажинне русло*

Актуальність теми. У водному законодавстві України та однією з вимог діючої Водної Рамкової директиви Європейського співтовариства є підтримка і відновлення природного стану річок. Ці вимоги приймають до уваги не тільки фізико-хімічні показники якості води, а й зміни у режимі річок, зовнішньому їх вигляді, біорізноманітті. Малі і середні ріки рівнинної частини України і, зокрема, Полтавської області під впливом багаторічної господарської діяльності зазнали і продовжують зазнавати значних змін у водному режимі, морфології, динаміці руслових процесів. Ці ріки завжди були неглибокими, маловодними, з повільною течією, а в останні роки їх стали відносити до категорії пересихаючих, відмираючих, деградуєчих. Тому дослідження їхніх деградаційних процесів є актуальним питанням сьогодення. Метою роботи є визначення реального стану русел малих і середніх річок Полтавської області, встановлення темпів руслових деформацій, типів русел.

Об'єкт дослідження - природно-антропогенні річкові системи на території Полтавської області.

Предмет дослідження – природні та антропогенні річкові системи, морфологія і динаміка русел рівнинних річок.

Вихідні передумови. При аналізі стану річок у науковій і публіцистичній літературі в останні роки часто використовують терміни «деградація річок», «деградація річкової мережі», «деградація русел» тощо. Найчастіше під цими поняттями розуміють зміни конкретного водного об'єкта в гірший бік під дією будь-якого несприятливого чинника. Проте, як виявилось, застосування цього терміну має свої особливості.

Слово «деградація» походить від латинського «degradation» - поступове пониження і в географічній літературі вперше було застосовано для характеристики процесу поступового руйнування, вивітрювання поверхні суші. Словники Вебстера, Мілля трактують деградацію як процес вирівнювання, пониження ділянок суходолу [1]. Відомі учені XIX-XX ст. такі як Rice [2], Galay [3] вважали, що деградація - це врізання потоку в русло, пониження поверхні річки (русла) внаслідок ерозійних процесів. Такий процес є протилежним процесу аградації (aggradation) – намівання. Davis (1909) зауважив, що деградація пов'язана із вирівнюванням схилів, сповільненням процесів руйнування поверхні на останніх стадіях ерозійного циклу [1]. У зарубіжній англійській науковій літературі і в наш час «деградацію» розуміють буквально як поступове пониження, вирівнювання поверхонь під дією води, атмосферних опадів тощо.

У російську та українську мови іншомовний термін «деградація» увійшов не в прямому, а у переносному значенні, як «поступове погіршення, втрата якихось якостей, властивостей будь-якого об'єкта з плином часу, занепад» [4]. У такому значенні цей термін застосовують і в географічній науковій літературі, зокрема в публікаціях з проблем руйнування багаторічної мерзлоти, відступання льодовиків, пониження рівня морів, зникнення горизонтів підземних вод тощо. Деградація річок

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)

найчастіше ототожнюється з поняттями обміління та замулення русел, зменшення річкової мережі. З даної проблеми опубліковано велику кількість робіт таких вчених як М. І. Маккавєєв, Ю. Г. Сімонов, І. П. Ковальчук та ін. За Р. С. Чаловим [5] деградація (замулення) – це процес відкладення наносів, які є, головним чином, продуктом ерозії ґрунтів на водозборі, що призводить до обміління русел та зникнення малих річок. Окрім замулення, під деградацією річок розуміють також їх виснаження і забруднення [6–8]. Отже стає очевидно різниця в тлумаченні терміну «деградація» річок і річкових русел у нас і за кордоном.

Останнім часом в Україні з'явилися публікації, в яких застосовують термін «деградація» у їх прямому значенні. Наприклад, в документах по розвитку внутрішнього судноплавства та екологічного захисту Дунайського басейну, мова йде про «незастосування крайніх заходів відносно аградації / деградації русла основного каналу» [9]. Тобто назріла нагальна необхідність узгодження використання загальноприйнятих термінів «деградація річок», «деградація русел», обґрунтування їх значення, чинників, функцій та різновидів.

Результати дослідження. Усі водні об'єкти, що знаходяться на території Полтавської області формують її гідрографічну мережу. Середня густота мережі складає 0,17 км/км². До неї входять ріки, озера, струмки, болота, а також канали і водосховища. Гідрографічна мережа є досить складною системою. Як і для кожної системи, для неї характерні своя структура, принципи, закономірні або випадкові зміни. Усі зміни в гідрографічній і річковій мережі можуть бути по своїй суті структурними (площа, висота, форма басейну, похил долини ріки тощо), організаційними (порядок ріки, тип русла тощо), функціональними (ріка, водосховище). Зміни у системі річкової мережі можуть відбуватися в просторі, часі та у русі (табл.1).

Таблиця 1. Зміни у системній організації річкової мережі

Зміни	Природні	Природно-антропогенні	Антропогенні
у просторі	Річкові перехвати Утворення підпрудних озер. Руслові деформації	Створення ставів та штучних водойм (копані)	Створення руслових водосховищ, ставів. Створення каналів, прокопів, поздовжніх протиаводкових дамб. Створення штучних водойм (відстійники, кар'єри).
У часі	Кліматичні зміни водного режиму. Акумуляція наносів в руслі й на заплаві. Бокова і донна ерозія.	Зміна водного режиму внаслідок розорювання земель, вирубування лісів на водозборі.	Регулювання русел, днопоглиблення та розчищення дна річок, ставів, водосховищ. Осушувальна та зрошувальна меліорація
У русі	Вироблення поздовжнього профілю. Перенесення продуктів руйнування гірських порід, замулення, заболочення	Створення загат. Обміління річок внаслідок господарської діяльності на водозборі	Незворотній забір води Перекидання стоку води з одного басейну в інший Берегоукріплення.

Довгий час усі ці зміни були викликані тільки природними процесами. Переважно це була поступова перебудова мережі, що викликана змінами клімату,

тектонічними рухами тощо. Іноді зміни були раптовими і дуже масштабними (наприклад, річкові перехвати, прориви льодовикових озер [10]). Що стосується річок, то, виходячи з вищесказаного, перебудова їх могла бути із знаком «+», тобто позитивною (замулення, акумуляція, аградація) та зі знаком «-», негативною (ерозія, врізання, деградація). Для природних систем основною оцінкою є кількісне порівняння параметрів через пари: «вище / нижче», «більше / менше», та повністю відсутня якісна оцінка «гірше / краще». З XV–XVII ст. елементи річкової мережі стали зазнавати певних змін під впливом господарської діяльності людини. Це різноманітні сільськогосподарські, лісосічні, рибогосподарські, поселенські та інші дії, що сприяли трансформації природної річкової системи в природно-антропогенну. Наслідком господарської діяльності стали якісні і кількісні зміни в режимі річок, їх зовнішньому вигляді. Наприклад, на початку XIX ст. при виконанні проекту побудови судноплавних каналів на території Полтавської губернії, вказано на значну маловодність основних річок Полтавщини «через велику кількість загат селянськими та козацькими млинами» [11].

З початку XX ст., часу появи потужної землерийної техніки та підйомних механізмів до названих антропогенних дій додалися меліоративні (осушувально-зволожувальні), гідроенергетичні, водопостачальні, водотранспортні, кар'єрно-техногенні, рекреаційні та інші. Зміни у будові річкової мережі, у водному, русловому режимах річок були досить значними і часто мали катастрофічний характер. Перебудова річок, що відбулася під впливом цих дій теж мала позитивну і негативну оцінку. Але для антропогенних та природно-антропогенних систем ступінь трансформації прийнято оцінювати не кількісною характеристикою спрямованості зміни природної компоненти: рельєфу, величини стоку води, а через якісну оцінку значущості для людини та її господарської діяльності («гірше/краще»). Негативна оцінка встановлюється внаслідок погіршення, втрати якихось якостей, властивостей системи, позитивна – у разі поліпшення функціонування системи, отримання прибутків для господарства. На жаль, іноді оцінка одного й того ж явища може відрізнитись навіть для різних водоспоживачів, водокористувачів. Наприклад, зниження максимальних рівнів води в річці внаслідок зарегулювання стоку греблями, має позитивну оцінку для захисту населення від катастрофічних паводків і, одночасно, негативну для збереження заплавлених екосистем. Тобто позитивні трансформації природної системи можуть отримати негативну оцінку для антропогенної системи і навпаки (табл.2).

Таблиця 2. Порівняльна оцінка окремих видів трансформації природних та антропогенних річкових систем

Вид трансформації	Природна система	Антропогенна системи
Скорочення довжини річкової мережі	–	–
Зменшення похилу, швидкості	–	- (+ зникнення ризику розмиву)
Збільшення похилу, швидкості	+	+ (- поява ризику розмиву)
Зменшення величин стоку води	–	- (+ відсутність ризику затоплення паводками)
Зменшення мутності води	–	+ (-)
Зростання відміток дна, замулення русла	+	–
Пониження рівня ґрунтових вод	–	- (+ осушення земель)
Збіднення (погіршення стану) річкової флори і фауни	–	–

Примітка : + позитивна оцінка (аградація), - негативна оцінка (деградація), + (-) змішана оцінка

Як видно, для природних і антропогенних річкових систем наслідки змін у системній організації дуже рідко можуть бути оцінені однозначно. В кожному конкретному випадку наслідки будуть різнознаковими. На нашу думку, тільки у випадку співпадіння оцінок природної та антропогенної системи можна говорити про переважаючі процеси «деградації чи аградації». Наприклад, скорочення довжини річкової мережі однозначно можна назвати деградацією. Для характеристики процесів, властивостей і функцій річкових систем та пов'язаних з ними компонентів, оцінки котрих для природи і для людини не співпадають слід використовувати більш нейтральний термін «*трансформація*» або перетворення. Крайньою стадією трансформації річки є її відмирання - зникнення постійного водотоку внаслідок виснаження джерела живлення, або заповнення русла наносами і переходу руслового стоку в підрусловий з перетворенням річкової долини у балку. Аналіз картографічного матеріалу, даних режимних спостережень на малих і середніх річках Полтавської області, а також деяких літературних джерел дозволяють виділити такі основні види їх трансформації на території області:

- Деградація річкової мережі (скорочення довжини, зниження порядку річок);
- Трансформація гідродинамічних характеристик потоку (зменшення похилу, швидкості);
- Погіршення якості води (евтрофікація, забруднення);
- Трансформація річкових русел (зміна ширини, глибини, типу русла, замулення, заростання, відмирання проток);
- Зменшення величин стоку води (виснаження);
- Трансформація заплав (відмирання водотоків, водойм, луків);
- Погіршення складу донних відкладів (засмічення, забруднення);
- Зменшення мутності води;
- Пониження рівня ґрунтових вод;
- Деградація річкової флори і фауни.

Деградація річкової мережі спостерігається майже на усій території області. За останні 100 років (1888-1987 рр.) у басейні р. Ворскли (у межах Полтавської області) загальна довжина річок зменшилась, в середньому, на 30%, у басейні р. Сули та р. Псла – на 25-28 %. Довжина річок скоротилась переважно за рахунок відмирання верхніх ланок мережі, а також пересихання річок нижче гребель, загат. Наприклад, мала ріка Кустолов – ліва притока Ворскли у 1888 році мала довжину 75 км і постійний стік, а на 1990 рік – довжину 57 км, 3 ставки і пересихаюче русло. Аналогічна ситуація на річках Сухий Тагамлик, Коломак. Значна кількість малих річок, довжиною 4-10 км зникли з поверхні землі, перестали існувати як поверхневий водотік. Особливо значних змін зазнали малі річки в межах урбанізованих територій м.Полтави (р.Лтава,р.Тарапунька) та м.Кременчук (р. Крива Руда) (рис.1).

Слід зазначити, що для окремих річок (Оржиця, Перевід, Сліпорід) довжина гідрографічної мережі за 100 років не змінилась. У басейнах цих річок ще на початку XIX ст. проводились меліоративні роботи, виконувались поглиблення і спрямлення русел.

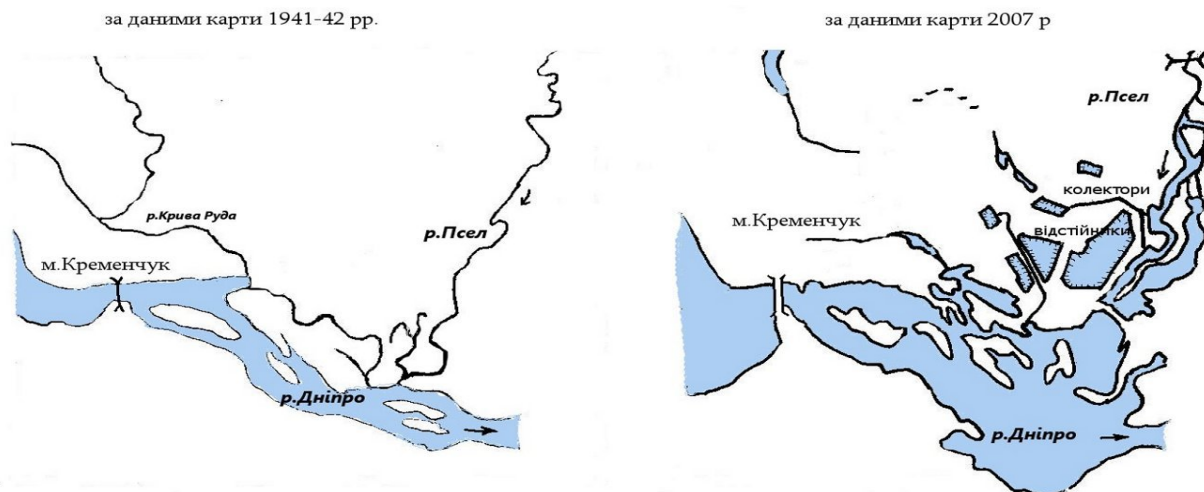


Рис.1. Динаміка ширини русла і площі водної поверхні річок Дніпро, Псел, Крива Руда поблизу м. Кременчука за 1941-2007 рр.

Особлива увага надавалась дослідженню *трансформації річкових русел* Полтавської області. Трансформація будь-якого природного русла супроводжується постійною його зміною – деформацією. Вертикальні деформації, які пов'язані зі зміною відміток дна русла, характеризувались переважно різнонаправленими тенденціями, коли періоди зростання рівнів води («приросту») змінюються періодами їх зменшення («просідання»). З метою виявлення інтенсивності зміни рівнів води та спрямованості вертикальних деформацій було проаналізовано криві виду $Q=f(H)$ для 7 гідрологічних постів за період 1960-2007 рр. Результуючим значенням став приріст рівнів майже на усіх постах на величину до 1м (+90 см р.Ворскла-с.Кобеляки, +50 см р.Хорол-м.Миргород, + 20 см на р.Псел – м.Гадяч). Максимальні темпи приростання рівнів на гідропосту Хорол-Миргород складали 10 см на рік. Відмічено також пониження рівнів на окремих ріках і гідропостах(- 80 см р.Сула-м.Лубни). Такі зміни пов'язані з впливом на річкові систему різнопланової господарської діяльності людини. З одного боку ця діяльність сприяла прискоренню процесів акумуляції наносів, обмілінню русла (розорювання території водозборів, створення водосховищ, ставків), з іншого боку – призводила до пониження відміток дна (розчищення русел, добування піску, стиснення русел мостами, дамбами). Для малих річок характерне однонаправлене зростання відміток дна (акумуляція).

Аналогічна картина спостерігалась і з середніми значеннями глибини потоку. Середні та максимальні глибини майже на всіх річках зменшились. Проте в окремі періоди відмічено значне зростання максимальних глибин, особливо при проходженні великих витрат води, або внаслідок добуванням піску з русла, чи його розчисткою. Наприклад, влітку 2006 року на р. Хорол, в 500 м вище поста м. Миргород, на місці руслового кар'єру по видобуванню піску, була зафіксована максимальна глибина 15 м.

Горизонтальні деформації є наслідком переміщення русла в плані, або зміни його планового положення. Більшість річок Полтавщини характеризується незначними темпами планових деформації, оскільки стік їх зарегульовано, а швидкості течії незначні. Співставлення планового положення русел деяких середніх річок за картографічними матеріалами 1977-2007 рр. показало, що ознаки бічної ерозії, природні деформації розмиву спостерігались лише на окремих ділянках річок Удай, Псел, Середня Говтва. Максимальна швидкість розмиву берегів досягає 5-7 м/рік. Зафіксовані горизонтальні деформації русел річок

Ворскла, Говтва, Сула, Хорол на окремих ділянках виявились результатом господарської діяльності людини – намиву берегів, спрямлення русел. Зміни планового положення берегів, збільшення ширини русла також є наслідком господарської діяльності (розчищення русла, затоплення водами водосховища (див. рис. 1). Співставлення багаторічних кривих виду $B_{сер.} = f(Q)$ та $B_{макс.} = f(Q)$ показали майже однозначне збільшення ширини потоку по усім постам. Це характеризує процес певного розпластування, розширення русла внаслідок переважання процесів акумуляції наносів.

Типи русел річок. Аналіз процесів руслоформування річок Полтавщини показав тісне підпорядкування типів русла загальній схемі впливу геогідроморфологічних та антропогенних чинників. Наприкінці XIX ст. майже усі ріки мали звивисті русла. На окремих ділянках розширення долини, в межах палеорусел, спостерігалось формування заплавної та русло-запальної багаторукавності. На початок XXI ст. виділено три основних морфодинамічних типи русел: звивисті (меандруючі), болотно-мочажинні та каналізовані. Для кожного з цих типів характерне переважання процесів акумуляції наносів над розмивом, поступове замулення і заростання водною рослинністю в меженний період. Для річок Ворскла, Псел характерне слабозвивисте русло з невеликими відносно прямолінійними вставкам. Сліди активних розмивів берегів, природних спрямлень русла відсутні. Ріки Хорол, Сула, Удай утворюють замулені, заростаючі слабкомеандруючі русла. Морфологічно такі русла подібні до ланцюжку озероподібних утворень витягнутої форми, що поєднані короткими вузькими струмками-протоками. Утворюються вони на річках, що мають чітко виражену долину. Озерні ділянки відповідають плесовим улоговинам русла, струмки-протоки - перекатам. Характерним для такого русла є наявність руслових деформацій у струмках-протоках під час паводку. Поліпшення екологічного стану таких річок можна здійснювати шляхом поглиблення дна озерних ділянок або зведення руслорегулюючих споруд на перекатах.

Болотно-мочажинні русла – це система постійних і тимчасових водотоків, які мають спрямовуючий стік води, але не мають чіткого рисунка русла, і губляться серед болотної чи водної рослинності. Такі русла характерні для слабо звивистих і розгалужених ділянок русел річок, що займають руслові улоговини великих палеорусел [12] (Хорол, Вільхова Говтва, Говтва) (рис.2). Через мізерні значення похилу дна долини поліпшення стану ріки можна здійснювати тільки шляхом розчищення і спрямлення одного з рукавів.

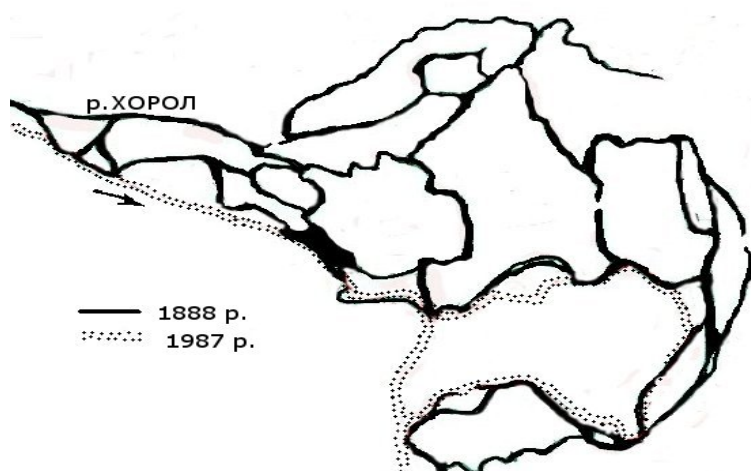


Рис.2. Деформації болотно-мочажинного русла р. Хорол в районі с. Заїченці за 1888-1987 рр.

Руслоспрямляючі прокопи, розчищення русел, руслові кар'єри, регулювання русел за допомогою поперечних дамб, дамб обвалування значно змінюють

гідроморфологічні характеристики річок. Русла окремих річок (Оржиця, Перевід, Сулиця) внаслідок таких активних гідротехнічних робіт перетворено у відносно прямолінійні канали (каналізовані русла). За рахунок штучних спрямлень і розчищення звивистість русла Оржиці на пригирлових ділянках за останні 50 років зменшилась від 3 до 1,2, р.Сулиці – від 3,3 до 1,15.

Висновки З метою узгодження вітчизняної та зарубіжної термінології пропонуємо поняття «деградація» застосовувати лише у прямому значенні, для опису процесів, пов'язаних із пониженням відміток поверхні, рівнів води, зменшенням кількісних характеристик тощо. Для оцінки процесів, пов'язаних з погіршенням стану річкових систем, якісною зміною об'єкту дослідження, застосовувати термін «трансформація».

Перебудова річкових систем Полтавської області відбувається по 10 основним напрямкам. Найбільш актуальними для людини і природи є деградація річкової мережі, трансформація гідродинамічних характеристик потоку і відповідне погіршення якості води, а також трансформація річкових русел. Основна проблема замулення і зникнення малих річок пов'язана з нераціональною господарською діяльністю людини (значним зарегулюванням стоку річок, надмірною розораністю земель).

Переважаючим видом руслових деформацій є акумуляція наносів. Встановлено, що основними типами русел річок Полтавщини є меандруючі, болотно-мочажинні та каналізовані. Поліпшення екологічного стану річок шляхом збільшення їхньої проточності можливо здійснювати заходами розчищення і зведення руслорегулювальних споруд на перекатних ділянках.

Список літератури

1. Словарь общегеографических терминов : у 2-х тт. – пер. с англ. – М. : Прогресс, 1975. – Т. 1. – 408 с.
2. Rice C. M. Dictionary of Geological Terms / C. M. Rice. – Anna Arbor, Mich. : Edwards broth., 1941. – 461 p.
3. Galay, V. J. Causes of River Bed Degradation / Galay, V. J. // Water Resources Research. – 1983. – 19(5). – S. 1057–1090.
4. Словник української мови. Академічний тлумачний словник: в 4 томах.-Т.2. 1971. - 230 с.
5. Чалов Р. С. Морфология и динамика русел малых рек России и их антропогенное изменение / Р. С. Чалов, А. В. Чернов // Малые реки России. – М. : ИГ РАН – МЦ РГО, 1994. – С. 66–80.
6. Коренева И. Б. Экосистемный подход при восстановлении, использовании и охране малых рек / И. Б. Коренева // [электронный ресурс] 2005. Доступ с <http://www.koreneva.com/>
7. Зуб Л. М. Малі річки України: характеристика, сучасний стан, шляхи збереження / Зуб Л. М., Карпова Г. О. // [електронний ресурс] – Доступний з <http://www.uarivers.net/>
8. Погребной И. О. Исследование деградации речной сети малых рек картографическим методом с использованием геоинформационных способов / И. О. Погребной // Вестник ОНУ. Сер.География. – 2010. – Т. 15, вып. 10. – С. 50-56
9. Рубель О. Дунайська стратегія ЄС-інституціональний інструмент регіональної економіко-екологічної політики / О. Рубель // Економіст. – 2010. – №10. – С.16-19
10. Пазинич В. Г. Геоморфологічний літопис Великого Дніпра / Василь Григорович Пазинич – Ніжин : Гідромакс, 2007. – 372 с.
11. Державний архів Полтавської області. Ф. 83.Оп.3. спр.11. Арк. 48-51. 2
12. Смирнова В. Г. Палеорусла в долинах річок України / В. Г. Смирнова // Гідрологія, гідрохімія, гідро екологія. – 2011. – Т.1(22). – С. 60–67.

Трансформація річок та річкових русел (на прикладі річкових водних об'єктів Полтавської області)

Смирнова В.Г.

Особливістю малих і середніх річок Полтавської області є їх значна трансформація, що відбувається під впливом нераціональної господарської діяльності. Найбільші негативні зміни пов'язані з деградацією річкової мережі, трансформацією гідродинамічних характеристик потоку і погіршенням якості води, а також замуленням річкових русел. Виділено три типи річкових русел: звивисті (меандруючі), болотно-мочажинні, каналізовані. Руслові деформації характеризуються поступовим зменшенням середніх значень глибини і збільшенням - ширини русла. З метою узгодження вітчизняної та зарубіжної термінології пропонуємо поняття «деградація» застосовувати лише у прямому його значенні, для опису процесів, пов'язаних із пониженням рівнів землі, води тощо.

Ключові слова: деградація, трансформація, замулення русел, болотно-мочажинне русло

Трансформация рек и речных русел (на примере речных водных объектов Полтавской области)

Смирнова В.Г.

Особенностью малых и средних рек Полтавской области является их значительная трансформация, которая происходит под воздействием нерациональной хозяйственной деятельности. Наибольшие негативные изменения связаны с деградацией речной сети, трансформацией гидродинамических характеристик потока и ухудшением качества воды, а также заилением речных русел. Выделены три типа речных русел: извилистые (меандрирующие), болотно-мочажинные, канализованные. Русловые деформации характеризуются постепенным уменьшением средних значений глубины и увеличением ширины русла. С целью согласования отечественной и зарубежной терминологии предлагаем понятие «деградация» применять лишь в прямом его значении, для описания процессов, связанных с понижением уровней земли, воды, и тому подобное.

Ключевые слова: деградация, трансформация, заиление русел, болотно-мочажинное русло.

Transformation of the rivers and river channels (for example of the river water objects of Poltava region)

Smirnova V.G.

Feature of the small and middle rivers of the Poltava region is them considerable transformation which takes place under act of inefficient economic activity. Most negative changes are related w degradation of river network, transformation of hydrodynamic descriptions of stream, worsening of quality of water and also silting-up of river-beds. Three types of river channels are selected: windings (meandering), bolotno-mochazhinni, ducted. River-channeks deformations are characterized the gradual diminishing of mean values of depth and increase - width of channel. With the purpose of concordance of domestic and foreign terminology offer a concept «degradation» to apply only in his direct value, for description of processes, related to lowering of levels of earth, water and others like that.

Keywords: degradation, transformation, silting-up of river-beds, bog channels

Надійшла до редколегії 14.02.2013

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 (рисунки 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 Arial, кегль 12, Word 6-8. Поля всі по 2.5 см; інтервал – 1, абзац – 1,00.

Подані до збірника рукописи, обсягом **менше 5 сторінок**, а також ті, що не мають відповідної рубрикації, будуть розміщуватись 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/дм³** (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

Петренко М.І.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ БАСЕЙНУ ДНІПРА

(кегель 12)

(кегель 12, напівжирний, нахилений)

(кегель 11, нахилений)

(кегель 12, напівжирний)

Через інтервал – **Ключові слова:** не більше 5 слів (кегель 11, нахилений)

Далі через інтервал починається текст статті (кегель 12). Усі підписи до рисунків та таблиці виконуються кеглем 11.

Після тексту через інтервал підзаголовок **"Список літератури"** (кегель 10, напівжирний), а потім власне список за його наявності (також кегль 10). 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 (усі – кегль 10).

Наукове видання

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Науковий збірник

2013 рік

Том 1 (28)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка – **Є. Цвелих**

Підписано до друку 28.02.2013
Формат 60х90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Друк різнограф.
Ум. др. арк. 8,0. Обл.-вид. арк. 8,2.
Наклад 300 прим. Зам. № 11-013.



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

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.1(28)