

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**

**Географічний факультет**

**Кафедра гідрології і гідрохімії**

**Українське географічне товариство**

# **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія**

**Періодичний науковий збірник**

**ТОМ 10**

**Київ  
ВГЛ "Обрії"  
2006**

**ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:**

Наук. збірник / Відп. редактор – В.К.Хільчевський. – К.: ВГЛ “Обрії”, 2006. – Том 10. – 218с.

**HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:**

The scientific collection / The managing editor - V.K.Khilychevskiy. – Kiev: Obrii, 2006. – The volume 10. - 218 p.

*У збірнику вміщені статті, в яких викладені методичні розробки, а також результати теоретичних та прикладних гідрологічних, гідрохімічних і гідроекологічних досліджень, виконаних у різних регіонах України.*

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

**В.К. Хільчевський**, д-р геогр. наук, КНУ ім. Т. Шевченка  
(відповідальний редактор);

**В.Я. Антонченко**, д-р фіз.-мат. наук, ІТФ НАН України;

**В.П. Гандзюра**, д-р біол.наук, КНУ ім. Т.Шевченка;

**Є.Д. Гопченко**, д-р геогр. наук, Одеський ДЕУ;

**П.Я. Кілючицький**, д-р біол. наук, КНУ ім. Т.Шевченка;

**П.М. Линник**, д-р хім. наук, ІГБ НАН України;

**О.Г. Ободовський**, д-р геогр. наук, КНУ ім. Т.Шевченка;

**Т.В. Паршикова**, д-р біол. наук, КНУ ім. Т.Шевченка;

**В.І. Пелешенко**, д-р геогр. наук, КНУ ім. Т.Шевченка;

**М.І. Ромась**, д-р геогр. наук, КНУ ім. Т.Шевченка;

**В.М. Самойленко**, д-р геогр. наук, КНУ ім. Т.Шевченка;

**С.І. Сніжко**, д-р геогр. наук, КНУ ім. Т.Шевченка;

**В.М. Тімченко**, д-р геогр. наук, ІГБ НАН України;

**П.Г. Шищенко**, д-р геогр. наук, КНУ ім. Т.Шевченка;

**В.І. Щербак**, д-р біол. наук, ІГБ НАН України;

**В.М. Якушин**, д-р біол. наук, ІГБ НАН України;

**А.В. Яцик**, д-р техн. наук, УНДІВЕР

**В.І. Осадчий**, канд. геогр. наук, УкрНДГМІ МНС України;

**В.В. Гребінь**, канд. геогр. наук, КНУ ім. Т.Шевченка (відповідальний секретар);

Науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” заснований у 2000 р. Постановою Президії ВАК України № 1-01/10 від 13 грудня 2000 р. він включений до переліку фахових періодичних наукових видань за спеціальностями “Географічні науки”.

Рекомендовано до друку Вченою радою географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка 16 травня 2006 року.

Адреса редакційної колегії: Київ, МСП- 680, проспект Глушкова, 2, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, географічний факультет, кафедра гідрології та гідроекології.

Телефон: (044) 521-32-29.

E-mail – hilchevskiy@univ.kiev.ua

## З М І С Т

### ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

*Онищук В.В.*

Принципові властивості відкритих динамічних систем у контексті еволюції руслових процесів: інваріантність, ергодичність, меандрування... 9

*Дубняк С.С.*

Методологія дослідження структурно-функціональних особливостей рівнинних водосховищ..... 20

*Горбачова Л.О.*

Засади створення ГІС мережі гідрологічних спостережень України..... 36

*Кордюм А.Б.*

Методологічні проблеми кількісної оцінки змін норми річкового стоку під впливом антропогенної діяльності людини в сучасних умовах..... 42

### ГІДРОЛОГІЯ, ВОДНІ РЕСУРСИ

*Гребінь В.В., Василенко Є.В., Чорноморець Ю.О.*

Залежність внутрішньорічного розподілу стоку завислих наносів від фази водності (на прикладі річок Українських Карпат)..... 49

*Чунар'єв О. В., Ромась М. І., Хільчевський В. К.*

Південний Буг - водогосподарська діяльність у басейні та оцінка впливу Південно-Української АЕС на водні ресурси ..... 58

*Вишневський В.І.*

Гідрологічний режим Нижньої Волги ..... 66

### ГІДРОХІМІЯ, ГІДРОЕКОЛОГІЯ

*Линник П. М., Морозова А. О.*

Десорбція сполук азоту, фосфору і заліза з донних відкладів за дії різних чинників..... 73

*Ромась І.М., Лисиченко О.Г.*

Дослідження гідрохімічної обстановки у поверхневих водах та вплив на неї водосховищ Дністровських ГЕС і ГАЕС..... 81

*Zabokrugcka M.R.*

Hydrologiczny stan transgranicznego dorzecza Bugu na obszarze Ukrainy..... 88

*Линник П.М., Зубко О.В.*

Вплив фульвокислот на десорбцію Zn і Pb з донних відкладів ..... 100

частоти та порядку відбору, кількості гідрохімічних показників якості води та методів їх визначення тощо.

#### Список літератури

1. *Алексин О.А.* Основы гидрохимии. –Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 444 с. 2. Гидрохимический словарь. –Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 239 с. 3. Гидрохимический атлас СССР / Горев Л.Н., Пелешенко В.И., Закревский Д.В. и др. – М.: ГУГК, 1990. – 112 с. 4. *Ромась М.І.* Гідрохімія водних об'єктів атомної та теплової енергетики. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2002. – 532 с. 5. *Основные свойства нормируемых в водах органических соединений / М.Я. Белоусова, Т.В. Авгуль, Н.С. Сафронов и др.* – М.: Наука, 1987. –104 с. 6. *Екологічна оцінка діяння Дністровської ГАЕС на водні об'єкти* – К: ІГБ НАН України, 1995. 7. *Дністровська ГАЕС. Оцінка впливу будівництва і експлуатації ГАЕС на навколишнє середовище.* – Харків: ВАТ „Укргідропроєкт”, 1995. 8. *Дністровська ГАЕС. Оцінка впливу будівництва і експлуатації ГАЕС на навколишнє середовище (додаткові дослідницькі і проєктні роботи).* - Харків: ВАТ „Укргідропроєкт”, 1996.

**Исследование гидрохимической обстановки в поверхностных водах и влияние на нее водохранилищ Днестровской ГЭС и ГАЭС**

*Ромась И.Н., Лисиченко А.Г.*

*Проведено исследование гидрохимической обстановки поверхностных вод зоны влияния водохранилищ Днестровской ГЭС и ГАЭС в связи с достройкой ГАЭС. Отмечено, что создание водохранилищ ГЭС и ГАЭС позитивно повлияло на процессы формирования качества воды р. Днестр. На сегодняшний день не существует каких-либо оснований для прогнозирования отрицательных явлений в будущем.*

**The investigation of surface water hydrochemical condition and influence on it by Dnister hydroelectric plant and hydroaccumulating power plant reservoirs**

*Romas I.M., Lysychenko O.G.*

*The investigation of surface water hydrochemical condition of Dnister hydroelectric plant and hydroaccumulating power plant reservoirs affected zone is done in connection with hydroaccumulating power plant completion. It is underlined that hydroelectric plant and hydroaccumulating power plant reservoirs creation had the positive influence on Dnister river water quality forming processes. To date there are no reasons to forecast any negative effects in the future.*

УДК 551.49

## HYDROLOGICZNY STAN TRANSGRANICZNEGO DORZECZA BUGU NA OBSZARZE UKRAINY

*Zabokrycka M.R.*

*Українського Науко-бдавчого Інституту Гідрометеорологічного*

W piątej Uchwale Europejskiej Konferencji Ministrów Ochrony Środowiska Naturalnego “Środowisko naturalne dla Europy” (m. Kijów, 2003 rok) wśród

szeregu poruszanych ekologicznych kwestii szczególną uwagę zwraca się na rozwiązanie problemów związanych z ochroną wód, które skierowane są na udoskonalenie zarządzania, wykorzystanie i ochronę wodnych zasobów rzek transgranicznych.

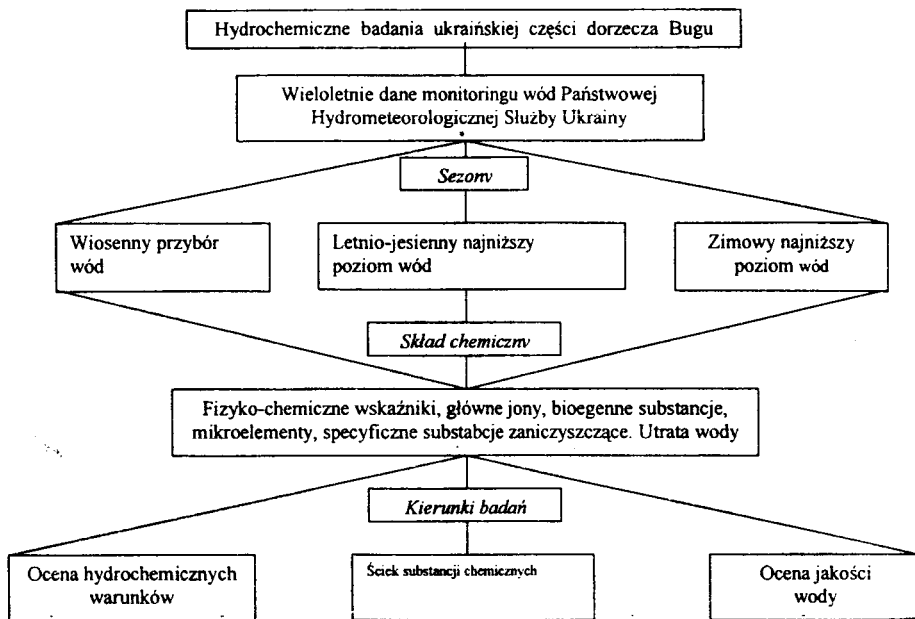
W tym sensie rzeka Bug, z wodnych zasobów której korzystają nie tylko Ukraina, ale Polska i Białoruś, ma szczególne położenie geograficzne, gdyż powierzchniowy spływ z 1,7% terytorium Ukrainy przez r. Wisła skierowany jest do morza Bałtyckiego. Ogólnie rzecz biorąc, dopływ wody do morza Bałtyckiego z terytorium naszego państwa nie przekracza 3%.

Formowanie zasobów wodnych rzeki transgranicznej zaczyna się na obszarze ukraińskiej (górnjej) części dorzecza Bugu – w obwodzie Lwówskim. Później, na odcinku 184,8 km rzeka stanowi naturalną granicę narodową pomiędzy Ukrainą (obwód Wołyński), a Polską, a na odcinku 178,2 km pomiędzy Polską a Białorusią. Duże antropogeniczne obciążenie na ekosystem rzeki na obszarze ukraińskim doprowadzi do całego kompleksu negatywnych procesów. Dla zarządów ochrony środowiska ościennej Polski, gdzie Bug wpływa do Zegrzyńskiego zbiornika wodnego, który jest zasadniczym źródłem pitnej wody dla Warszawy, stan jakościowy rzeki jest problemem priorytetowym. Z czego wynika, że zagadnienia hydroekologiczne, które mogą powstawać na obszarze ukraińskiej części dorzecza, są tak ważne nie tylko dla naszego państwa.

Z tego powodu, dla rozwiązania pewnych problemów niezbędne będzie przeprowadzenie badań i uświadomienie tych problemów. Z naszego punktu widzenia, nie patrząc na cały szereg publikacji w wydawnictwach naukowych, na dzień dzisiejszy nie ma podejścia uogólniającego problemy hydroekologii dotyczącego ukraińskiej części dorzecza Bugu. W niniejszej pracy zrobiono próbę wypełnić niniejszą lukę, zwłaszcza z zakresu, zasad formowania składu chemicznego wody, hydrochemicznego, oraz ścieków substancji chemicznych, oceny jakości wód i uzgodnienie monitoringu wód rzecznych dorzecza.

**Metodyka badan.** Przez autora został zaproponowany i zrealizowany metodyczny schemat kompleksu badań hydrochemicznych ukraińskiej części dorzecza Bugu (rys. 1).

Informacyjną podstawą wykonanych badań posłużyły wyniki, otrzymane przez Państwową Hydrometeorologiczną Służbę Ukrainy na bazie spostrzeżeń za stanem wód powierzchniowych w ciągu lat 1971-2003. Dla scharakteryzowania i oceny hydrochemicznych charakterystyk rzeki Bug i jego dopływów wyznaczono było 14 punktów spostrzegania – nabieżników za chemicznym składem wód: 7 na rzece Bug, 7 na jej dopływach – rzekach Połtwa, Rata, Sołokia, Ługa. Dla obliczeń ścieku substancji chemicznych z wodami Bugu na obrzarach Ukrainy został wyznaczony umowny obliczeniowy hydrologiczny nabieżnik na granicy Ukrainy a Polski i Białorusi. Dla oceny jakościowej wody na transgranicznym odcinku rzeki, wykorzystuje się dane hydrochemicznych spostrzeżeń, otrzymanych z transgranicznych punktów monitoringowych Państwowego Zarządu Zasobów Ekologicznych Ministerstwa Przyrody Ukrainy na obwodzie Wołyńskim.



Rys.1. Schemat kompleksu hydrochemicznych badań ukraińskiej części dorzecza rzeki Bug

Opracowanie pierwotnych danych przeprowadzone było za pomocą stworzonego w oddziale hydrochemii UkrNDGMI systemu informacyjno-analitycznego (IAS) "Chemiczny skład i jakość powierzchniowych wód Ukrainy" ("Aqua Guard"). W całym projekcie, wykorzystano około 300 tys. chemikooanalitycznych danych, które zostały opracowane metodami matematycznej statystyki.

**CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW NATURALNYCH I DZIAŁALNOŚCI GOSPODARZEJ W DORZECZU RZEKI BUG NA OBSZARACH UKRAINY.** Charakterystyczną specyfiką geologicznego budowy zbiornika wodnego (zlewni) Bugu są złogi, występujących wyżej, podstaw erozji skał karbowatowych górnej kredy, które charakteryzują się dużą ilością szczelin i skamieniałymi wapinikami i margielami, na podstawie czego wyznacza formowanie solnego składu rzeki.

Ukształtowanie dorzecza charakteryzuje się zarówno przez wręby, powstałe na skutek erozji, oraz przez równinne oraz płasko-nizinne formy. Oprócz tego, na obszarach przypowierzchniowego występowania skał karbowatych często występują krasowe formy ukształtowania.

Klimat jest umiarkowanie-kontynentalny. Podział rocznych opadów atmosferycznych w granicach zbiornika wodnego Bugu, przez wysoką wilgotność powszechniową obszaru, nie jest nierównomierny i przekracza wyparowywanie.

Rejony z najwyższymi opadami znajdują się w górnym biegu rzeki (roczna norma 800 mm). Wraz z obniżeniem poziomu zbiornika wodnego rzeki ilość opadów również się obniża do 650 mm.

Gleby, to przeważnie czarnoziem bielicy, przy spływie rzeki gleby darniowe i błotne, charakteryzujące się lekkim, mechanicznym składem (lekkoglinkowate, piaszczyste). W takich gruntach na warunkach umiarkowanego kontynentalnego klimatu formują się przepływowe charakterystyki rzeki, który nie sprzyjają podwyższeniu mineralizacji wody.

W okresach niskiego poziomu wód zachodniego doprzecza Bugu woda popływa z licznych źródeł, które wypływają z wodonośnych poziomów złogów Trzecio - rzędowych i okresu Górnej Kredy. W dorzeczu wydzieliła się Wołyńsko-Podilskie artezyjskie dorzecze, powiązane hydraulicznie z podziemnymi wodami znajdujących się wyżej obszarów.

Na formowanie charakterystyk hydrochemicznych wpływa działalność gospodarcza (orka, melioracja, pobieranie wody, odprowadzenie ścieków itp.). W dorzeczu Bugu, zgodnie z danymi Państwowej Gospodarki Wodnej Ukrainy, w 2001 r. pobrano 115,2 mln. m<sup>3</sup> wody, z której 20% to – wody powierzchniowe, a 80% – podziemne. Odprowadzenia ścieków na dzień dzisiejszy stanowi około 195 mln. m<sup>3</sup>, a stosunek czystych wg. norm i zanieczyszczonych (niedostatecznie oczyszczonych i takich, które nie zostały oczyszczone) wynosi 9:1.

Z grupy 33 użytkowników wody, którzy bezpośrednio odprowadzają ścieki do zachodniej części Bugu oraz do jego dopływów, ponad połowę (52%) stanowią Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej, objętość ścieków, odprowadzanych przez te przedsiębiorstwa dochodzi do 88% całkowitej objętości ścieków do dorzecza na obszarze Ukrainy. Największymi użytkownikami wody są zarządy produkcyjne przedsiębiorstw wodno- kanałowych (WUWKG) Lwowa (z objętością około 490 tys. m<sup>3</sup>/dobę, lub 5,7 m<sup>3</sup>/sek.), Czerwonograda (20,6 tys. m<sup>3</sup>/dobę), Nowowołyńska (11,9 tys. m<sup>3</sup>/dobę) i in. Przez oczyszczalnię ścieków WUWKG do wód dorzecza w ciągu roku wpływa około 150 tys. t soli, co wynosi 97% ogólnej ilości soli, które nadchodzą ze ściekami. Na dzień dzisiejszy większa część sieci kanalizacyjnych potrzebuje gruntownego remontu oraz rekonstrukcji stacji kompresorno-pompujących, kolektorów ciśnieniowych oraz oczyszczalni ścieków, jakich termin amortyzacji został dawno przekroczony.

Największym źródłem odprowadzania ścieków do dorzecza Bugu jest Lwów. Roczna objętość ścieków miasta, które wpływają do Bugu przez rzekę Połtwę stanowi około 80% ogólnej objętości ścieków, z którymi nadchodzi 75% zawieszonych substancji, 78% jonów siarczanów, 90% jonów chlorkowych, 73% amon azotu, 84% azotanów, 95% żelaza. Od początku 1994 roku, w dorzeczu Bugu rejestruje się tendencję do obniżenia odprowadzania corocznych objętości ścieków i ilości poszczególnych substancji zanieczyszczających (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>). W rzece Połtwa obniżenie corocznych objętości ścieków zaczyna się dopiero z 2000 roku, co, stosunkowo utrzymuje na wysokim poziomie część odchodów zanieczyszczeń, dostarczanych do dorzecza Bugu.

Na obszarze dorzecza działają 11 kopalnie węgla w Czerwonogradzkim górniczo-przemysłowym rejonie; 40% powierzchni systemu dorzecza osuszono,

80-90% rzek- zbiorników drenażowych wód wyprostowywano; przeorano prawie 42%.

Ogromną rolę odgrywa odprowadzanie wód stokowych Lwowa i z miejskich oczyszczalni ścieków dorzecza Bugu na obszarach dwu państw – Ukrainy i Polski. Objętość dobowych ścieków Lwowa wynosił w 1999 r. prawie 86% (489863 m<sup>3</sup> /na dobę) objętości dobowych ścieków odprowadzanych ze wszystkich miast na terytoriach obu państw, lub prawie 89% dobowych zrzutów miejskich oczyszczalni ścieków na Ukrainie.

**Reżim hydrochemiczny i ściek substancji chemicznych rzek dorzecza Bugu.** *Hydrochemiczny reżim.* Dla specyfikacji i oceny charakterystyk hydrochemicznych rzeki zebrano wychodzącą informację z wielu lat z każdego punktu badawczego opierając się na sezony: wiosennych przyływów roztopowych i letnio-jesiennego i zimowego okresów niskich poziomów wody. To dało możliwość wydzielenia genetycznie jednorodnych cech charakteryzujących okresy z przewagą tych lub innych procesów formowania składu chemicznego rzecznych wód według zmian sezonowych.

Ustalono, że dla charakterystyk tlenowych Bugu nasycenie wody tlenem nie przewyższało 71-78% w ciągu całego roku. Względne zwiększenie nasycenia wody O<sub>2</sub> wyznacza się w letnio-jesiennym okresie niskich poziomów wody, gdy przyspieszają się procesy fotosyntezy kosztem rozwoju pierwotnych producentów. Odpowiednio, wtedy znaczenie biochromatycznego utleniania (BO) w wodzie rzeki były najniższe (35,1 mgO/dm<sup>3</sup>). W wodach dopływów względna zawartość tlenu zmieniał się w granicach– od 20-35 % do 119-122 %. Najwyższe wskaźniki, charakterystyczne dla letnio-jesiennego okresu niskich poziomów wód – rzeki Rata, Sołokija, Ługa. Stały deficyt tlenu oraz wysokie wskaźniki BO i ECK<sub>5</sub> (biochemicznego zużycia tlenu) wyznaczono w wodach Połtwy, zwłaszcza w zimowym okresie niskich poziomów wody.

Badania hydrochemicznego reżimu rzeki Bug i jej dopływów według składu solnego wody określiły ostre granice sezonowe, co można wyjaśnić różnymi typami zasilania w ciągu roku. Najniższy wskaźnik mineralizacji wody Bugu występuje w czasie wiosennych przepływów roztopowych (497 mg/dm<sup>3</sup>); w okresach niskich poziomów wód wskaźnik mineralizacji waha się od 518 mg/dm<sup>3</sup> (letnio-jesienny okres niskich poziomów wód) do 573 mg/dm<sup>3</sup> (zimowy okres niskich poziomów wód). Analogiczna prawidłowość była charakterystyczną także dla sezonowych przemian koncentracji głównych jonów w wodzie Bugu.

Wahanie koncentracji głównych jonów oraz wskaźniki mineralizacji w wodzie dopływów w ciągu różnych sezonów są bliskie do wahań owych charakterystyk w wodzie Bugu. Wyjątkiem jest zawartość rozpuszczonych soli w wodzie rzeki Połtwa ( $\Sigma_{i=784-847}$ mg/dm<sup>3</sup>).

Jonowy skład rzecznych wód dorzecza jest genetycznie związany z słabo rozpuszczalnymi karbonatowymi gatunkami, z których składa się jego zlewnia. Odpowiednio, przez wszystkie sezony roku, w wodzie ciągle dominują jony HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> oraz Ca<sup>2+</sup>. Zgodnie z klasyfikacją O.O. Alekina, rzeczne wody dorzecza Bugu należą do hydrokarbonatowej klasy grupy wapnia II typu – C<sub>II</sub><sup>Ca</sup>, a część



oddzielnych jonów wynosi: dla anionów:  $\text{HCO}_3^-$  (63-64% -ekw.)  $> \text{Cl}^-$  (21-22% -ekw.)  $> \text{SO}_4^{2-}$  (15-16% -ekw.); dla kationów:  $\text{Ca}^{2+}$  (63-66% -ekw.)  $> \text{Na}^+ + \text{K}^+$  (16-21% -ekw.)  $> \text{Mg}^{2+}$  (15-18% -ekw.).

Dokonana analiza korelacyjna rzędów średnio rocznych koncentracji głównych jonów i znaczeń mineralizacji z zużyciem wody Bugu (m. Kamjanka-Buzka) w ciągu lat 1971-2003 wykazała obecność związku zwrotnego pomiędzy zawartością wszystkich głównych jonów i mineralizacją wody z jednej strony, a zużyciem wody Bugu – z drugiej. Ścisłość związku odznacza się współczynnikiem korelacji  $r=0,73$ . Ustalono wpływ wodnistości na zawartość głównych jonów w wodzie rzeki w wieloletnim aspekcie. W ciągu okresu badawczego (lata 1971-2003) wyróżniono etapy o średniej wodnistości (1971-1981), a także małowodny (1982-1991) oraz wielowodny (1992-2003) etapy. Porównalna analiza wielkości zbadanych wskaźników wody Bugu według 3 punktów i 6 nabeżników, które rozmieszczone są bezpośrednio na rzece, ujawniła, że maksymalne koncentracje zostały charakterystyczne dla małowodnego okresu, a minimalne dla wielowodnego. Jednocześnie, znacznym jest lokalny wpływ osiedli na chemiczny skład wody Bugu, co wyjawia się przez wzrost koncentracji oddzielnych jonów głównych ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) oraz wielkości mineralizacji wody na nieznaczących odcinkach rzeki, które są rozmieszczone poniżej miast.

A więc, wyniki badań chydrochemicznych charakterystyk rzeki Bugu i jego dopływów w aspekcie całorocznych i w wieloletnim świadczą o dezydującej roli naturalnych czynników w formowaniu zawartości głównych jonów. Wyjątkiem jest rzeka Połtwa dla której, jak było zaznaczone wyżej, jest charakterystyczny antropogeny wpływ.

Wśród biogenych substancji, które podlegały badaniu, wyraźny sezonowy podział koncentracji ujawniono tylko dla azotu azotanowego oraz krzemu. Minimalne koncentracje  $\text{N-NO}_3$  ( $0,39 \text{ mg/dm}^3$ ) spstrzegamy w lecie w czasie wegetacji, gdy rozpuszczony w wodzie azot intensywnie wnika przez hydrobionty. W czasie zimowego okresu niskich poziomów wody znaczenia  $\text{N-NO}_3$  wzrastały ( $0,49 \text{ mg/dm}^3$ ), w związku z destrukcją substancji organicznych i przejściem azotu z organicznych form do mineralnych na tle minimalnej bioakumulacji azotanów. W ciągu wiosennych przepływów roztopowych koncentracji azotu azotanowego obniżały się kosztem rozpuszczenia.

W wodzie Bugu maksymalne koncentracje mikroelementów wyznaczone były w czasie wiosennych przepływów roztopowych i wynosiły dla  $\text{Fe}_{\text{ogóln.}}$  –  $0,29 \text{ mg/dm}^3$ ;  $\text{Cu}$  –  $19,3 \text{ mkg/dm}^3$ ;  $\text{Zn}$  –  $57,5 \text{ mkg/dm}^3$ ,  $\text{Mn}$  –  $92,7 \text{ mkg/dm}^3$ . Ten sezon odznacza się także wysoką zawartością produktów naftowych –  $0,15 \text{ mg/dm}^3$ . Prawdopodobnie, związane to jest z intensywnym splukaniem z powierzchni zlewni. Po przejściu do okresu niskich poziomów wody wyznaczono pewne obniżenia ich koncentracji, które zimą wynosiły dla  $\text{Fe}_{\text{ogóln.}}$  –  $0,14 \text{ mg/dm}^3$ ;  $\text{Cu}$  –  $11,8 \text{ mkg/dm}^3$ ;  $\text{Zn}$  –  $43,2 \text{ mkg/dm}^3$ ,  $\text{Mn}$  –  $35,6 \text{ mkg/dm}^3$ . Zawartość produktów naftowych w rzecznych wodach dorzecza w ciągu okresu niskich poziomów wody zmniejszała się, przeciętnie, do  $0,10 \text{ mg/dm}^3$ .

W ciągu wszystkich sezonów spstrzegano przewyższenie GDK (graniczno-dopuszczalnych koncentracji) dla substancji biogenicznych, mikrielementów i

specyficznych substancji zanieczyszczających w wodach rzeki na odcinku od m. Buśk do m. Kamjanka-Bużka, co wyjaśnia się przyptywem wody zanieczyszczonej takimi komponentami rzeki Połtwa.

W ten sposób, dla zawartości substancji biogenicznych, mikroelementów i specyficznych substancji zanieczyszczających nie wykazano prawidłowości w wahaniach sezonowych, co jest związane ze znaczną dyskrecją wpływu antropogennych czynników na formowanie ich koncentracji.

*Ściek substancji chemicznych.* Badania wynoszenia rozpuszczonych substancji chemicznych z wodami Bugu za granice obszarów Ukrainy są bardzo ważne i aktualne w związku z podwyższonymi wymogami Unii Europejskiej (UE) odnośnie przenoszenia substancji zanieczyszczających z terytorii ościennych państw.

W celu przeprowadzenia obliczeń został wyznaczony umowny rozrachunkowy nabieżnik na rzece Bug, na granicy Ukrainy, Polski i Białorusi, do którego nadchodziły charakterystyki ze ścieku wód (według danych laboratorii hydrologicznych badań i obliczeń UkrNDGMI) w latach od 1989 do 2003 r. Średnia roczna ścieku jonowego Bugu z obszarów Ukrainy wynosi 793,5 tys.t. ( $78,3 \text{ t/km}^2$ ); z obszarów Ukrainy i Polski – 857,0 tys. t. Z nich 93 % wynosi się z terytorium Ukrainy, a 7 % z terytorium Polski.

Ściek różnych grup substancji chemicznych, które przenoszą się z wodami Bugu według sezonów podziela się w następujący sposób. Główne jony: wiosenne roztopy – 48-59 %, letnio-jesienny najniższy poziom wody – 25-31 %, zimowy najniższy poziom wody – 16-22 %. Substancje biogeniczne: wiosenne roztopy – 47-67 %, letnio-jesienny najniższy poziom wody – 17-35 %, zimowy najniższy poziom wody – 16-19 %. Ciężkie metale: wiosenne roztopy – 45-74 %, letnio-jesinny najniższy poziom wody – 19-35 %, zimowy najniższy poziom wody – 6-20 %.

Z uwagi na znaczny wpływ Połtwy na jakość wody Bugu były zrobione obliczenia ścieku głównych jonów i biogenicznych substancji rzeki Połtwa dla zamykającego kanału miasta Buśk ( $Q=11,1 \text{ m}^3/\text{sek}$ ), a także porównano otrzymane wyniki z odpowiednimi danymi w nabieżniku, rozmieszczonym poniżej Bugu – miasta Kamjanka-Buśka ( $Q=19,3 \text{ m}^3/\text{sek}$ ), a także według umownego obliczeniowego nabieżnika hydrologicznego Bugu ( $Q=48,5 \text{ m}^3/\text{sek}$ ).

Porównanie wyników otrzymanych z odpowiednimi danymi dla Bugu – miasta Kamjanka-Buśka (nabieżnik jest poniżej ujścia rzeki Połtwa), dały możliwość ustalenia wpływ tego dopływu na formowanie chemicznego składu wody Bugu, zwłaszcza jego górnej części. Część ścieku wód rzeki Połtwa wynosi 58 % od ogólnego ścieku wód Bugu w nabieżniku miasta Kamjanka-Buśka oraz 23 % w umownym nabieżniku, który zamyka zlewnie z ukraińskiej części dorzecza. Wtedy cząstka jonowego ścieku Połtwy wynosi, odpowiednio, 66% i 28%; azotu ogólnego ten wskaźnik zwiększa się i wynosi 68 % i 44 %; fosforanów do 80 % i 71 %.

**Jakościowa ocena ekologiczna rzecznych wód dorzecza Bugu.** Jakościowa ocena ekologiczna rzecznych wód dorzecza Bugu została wykonana zgodnie z wynikami hydrochemicznych badań w ciągu lat 1989-2003. Wyjściowe dane

zgodnie z "Metodyką ekologicznej oceny jakościowej wód powierzchniowych według odpowiednich kategorii" (1998 r.) strukturowane były w trzy bloki: składu solnego ( $I_1$ ), ekologo-sanitarnych wskaźników ( $I_2$ ) oraz specyficznych substancji toksycznych ( $I_3$ ). Obliczenia prowadzone były w granicach jednego z trzech bloków ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ) i wyznaczony był integralny ekologiczny indeks ( $I_E$ ). Metodyka wyznaczenia kategorii jakości wody pozwala przedstawić absolutne znaczenia hydrochemicznych wskaźników w formie formalizujących integrujących wskaźników jakości wody (indeksy, kategorie oraz klasy).

Średnie znaczenia roczne indeksów bloku wskaźników solnego składu wody ( $I_1$ ) charakteryzowały jakość wód rzecznych dorzecza, zasadniczo, jako 2-ga kategoria II klasy ("bardzo dobre" zgodnie ze stanem, "czyste" zgodnie ze stopniem zanieczyszczenia). Wyjątek stanowiły wysokie znaczenia indeksu ( $I_1$ ) dla rzeki Połtwa, charakteryzujące jakość jej wody od 1-ej do 5-ej kategorii I-III klasy.

Średnie znaczenia roczne indeksów bloku ekologo-sanitarnych wskaźników ( $I_2$ ) oraz bloku specyficznych substancji technicznych ( $I_3$ ) były wyższe i scharakteryzowały niższy stopień jakości wody Bugu zgodnie z 4-ej i 5-ej kategorii III klasy ("zadowalająco" – "przeciętnie" za stanem oraz "słabo zanieczyszczone" – "umiarkowanie zanieczyszczone" za stopniem zanieczyszczenia"). Największą 5-tą kategorię scharakteryzuje jakość wody na odcinku od miasta Buśk (1 km niżej miasta) do miasta Kamjanka -Buśka (1 km niżej miasta). Związane jest to z przyływem zanieczyszczonych wód rzeki Połtwa, a także z przyływem ścieków w/w miast.

Wśród dopływów dorzecza Bugu najlepszą jakością wody, zgodnie ze średnimi rocznymi znaczeniami indeksów blokowych ( $I_2$ ,  $I_3$ ), wyróżniają się rzeki Rata i Ługa. Jakość wody owych dopływów odpowiadała, zasadniczo, 3-ej kategorii II klasy ("dobre" za stanem, "dość czyste" według stopnia zanieczyszczenia). Wówczas, nadzwyczajnie wysokie znaczenia blokowych indeksów rzeki Połtwa, charakteryzowały jakość jej wody od górnego biegu (m. Lwów) do wpływu rzeki (Buśk) – zgodnie z 6-ej – 7-ej kategorii IV-V klasy ("złe" – "bardzo złe" według stanu, i "zanieczyszczone" – "bardzo zanieczyszczone" według stopnia zanieczyszczenia).

Analiza wieloletniej czasowej oraz przestrzennej dynamiki znaczeń integralnego indeksu ekologicznego ( $I_E$ ) świadczy o tym, że wody rzeczne dorzecza w latach 1989-2003 lat charakteryzują się przez 3-tą i 4-tą kategorią II-III klasy. Odpowiednio, "dobra" zgodnie ze stanem, "dość czysta" według stopnia zanieczyszczenia jakość wody uznano od 46% od ogólnej ilości punktów badawczych. W 39% punktów monitoringu jakość wody została scharakteryzowana, jako "zadowalająca" za stanem, "słabo zanieczyszczona" według stopnia zanieczyszczenia. Oprócz tego, czasowa dynamika indeksu integralnego ( $I_E$ ) wykazała, że z 1990 do 1994 roku stan jakościowy wód rzecznych był gorszy oraz odpowiadał 4-ej kategorii III klasy jakości wód. Z 1995 roku widać tendencję podwyższenia ich jakości do 3-ej kategorii II klasy jakościowej wód rzecznych.

Dla wykazania wpływu wodności na foromowanie jakościowe wód rzecznych dorzecza Bugu było porównane z wynikami, wyliczonymi dla

małowodnego 1990 roku oraz dużowodnego 1998 roku. Przy czym, zaznaczone lata rozdzielono było na trzy sezony (wiosenne roztopy, letnio-jesienny i zimowy najniższe poziomy wody). Wyjaśniono, że w ciągu dużowodnego roku przy stosunkowo bliskich objętościach odchodów ścieków zaobserwowano polepszenie jakości wody. Ten fakt świadczy o zasadniczej roli wpływu wodności na formowanie jakości rzecznych wód. Specyfika sezonowa jakościowej dynamiki rzecznych wód dorzecza zaobserwowano dla górnej części rzeki (miasta Buśk, 1 km wyżej miasta). Zwłaszcza, podczas wiosennych roztopów jakość wody Bugu odpowiadała 2-jej kategorii II klasy. W okresie letnio-jesiennego i zimowego niskich poziomów wody rejestrowano pogorszenie jakości wody do 3-jej – 4-jej kategorii II-III klas. W dół rzeki sezonowych różnic w jakości wody nie zaobserwowano, co, z naszego punktu widzenia jest uwarunkowane wpływem antropogenicznych współczynników.

**Współczesny stan narodowego i transgranicznego monitoringu dorzecza Bugu.** Narodowy jakościowy monitoring wód dorzecza Bugu dokonywa się przez: organizację Państwowej Hydrometeorologicznej Służby Ukrainy (14 hydrochemicznych punktów, 9 hydrologicznych posterunków); Państwowe Zarządy Ekoresursami we Lwowskim i Wołyńskim obwodach Ministerstwa Ochrony Środowiska Ukrainy (30 hydrochemicznych punktów); strukturalne podrozdziały Państwowej Gospodarki Wodnej Ukrainy (7 punktów).

Państwa-podmioty transgranicznego monitoringu jakościowego wód Bugu – to są Ukraina, Polska i Białoruś, które aktywnie współpracują pomiędzy sobą. Zwłaszcza, pod egidą TACIS w 1997-2001 latach został wykonany pierwszy projekt międzynarodowy, poświęcony wprowadzeniu transgranicznego monitoringu i oceny jakości wód dorzecza Bugu. Drugi projekt (2004-2006) został skierowany na wprowadzenie struktury organizacyjnej według kompleksowego i skoordynowanego zarządzania dorzeczem.

Niezbędnym będzie zaznaczyć, że zgodnie z wymogami Helsińskiej Konwencji "O ochronie i racjonalnym wykorzystaniu transgranicznych zbiorników wodnych i jezior międzynarodowych" oraz w programie monitoringu sąsiedniego państwa Polski, na ukraińsko-polskim odcinku Bugu było wyznaczono 2 punkty transgranicznego monitoringu jakości wód (odpowiednio, miasta Uściług - Zosin; Jagodzin – Dorochusk). Oprócz tego, w sieci narodowego monitoringu jakości wód dorzecza zaznaczają punkty, które są bezpośrednio na przejściach granicznych Bugu i jego dopływów – rzeki Sołokija i Kopajiwka. Te punkty, z naszego punktu widzenia, mogą być także dołączone do systemu transgranicznego monitoringu. W taki sposób, na obszarach ukraińskiej części dorzecza Bugu stworzono międzyresortową sieć monitoringu. Jest szereg zygadnień według funkcjonalnego napełnienia jej działalności, załatwienie których najbliższym czasem znacznie podwyższyłoby skuteczność jak narodowego, zarówno i transgranicznego monitoringu wód. Najważniejszym wśród nich jest zorganizowanie działalności odnośnie wprowadzenia zasad Wodnej Dyrektywy UE (2000 r.), która przewiduje prowadzenie monitoringu wód rzecznych według trzech podstawowych kierunków:

hydromorfometrycznym, hydrobiologicznym i hydrochemicznym. Niezbędna jest synchronizacja terminów obserwacji, rozszerzenie rejestru hydrometrycznych pomiarów, a także unifikacja metodyk analitycznych określeń chemicznych komponentów w laboratoriach różnych resortów narodowego monitoringu oraz dokonania skutecznej wymiany informacyjnej pomiędzy dwoma państwami z całą informacyjnego wsparcia oraz zapobiegania wyjątkowych sytuacji.

## Wyniki

1. Chemiczny skład wód rzecznych dorzecza Bugu został sformowany wyniku całościowego działania naturalnych i antropogennych czynników. Przyrodno-klimatyczne warunki, charakter gatunków w zbiornikach wody oraz gruntu sprzyjają formowaniu rzecznych wód węglano-wapniowego składu (hydrowęglana klasa grupa wapnia II typ –  $C_{II}^{Ca}$ ). Antropogeniczne czynniki sprzycają podwyższeniu koncentracji substancji rozpuszczalnych. Wśród nich priorytetowy wpływ mają ścieki, które są największe we Lwowie.

2. Zarejestrowano obecność statystycznie ważnych związków pomiędzy mineralizacją i obecnością dominującego jonu  $HCO_3^-$ , który jest opisany przez liniową funkcję  $\Sigma_i=1,84HCO_3^-$ . Ciasnota związku wyznacza się przez współczynnik korelacji  $r=0,7$ . Ustalono zwrotny związek między mineralizacją a zużyciem wody Bugu, który jest charakterny jak dla całorocznych, i wieloletnich wahań napełnioności wodą rzeki.

3. Hydrochemiczny reżim Bugu i jego dopływów według solnego składu wodnego nosi sezonowy charakter, dzięki zmianom w ciągu roku różnych typów żywienia. Całoroczny podział wielkości mineralizacji wody Bugu ma wyraźną prawidłowość: najmniejsze znaczenia spostrzegają się w czasie roztopów wiosennych ( $497 \text{ mg/dm}^3$ ); w okresach niskich stanów wody wielkość mineralizacji dostrzega do  $518 \text{ mg/dm}^3$  (letnio-jesienny okres) oraz  $573 \text{ mg/dm}^3$  (zimowy okres). Analogiczne zmiany są w koncentracji głównych jonów w wodzie Bugu.

Zakres koncentracji głównych jonów i wielkości mineralizacji w wodach dopływów w różne sezony jest bliski do wahań odpowiednich charakterystyk w wodzie Bugu. Wyjątkiem jest rzeka Połtwa, której mineralizacja waha się w granicach  $784-847 \text{ mg/dm}^3$ , a w składzie głównych jonów zwiększa się rola siarczanych i chlorkowych jonów.

4. Rzeczne wody dorzecza Bugu mają natężony tlenowy reżim. W ciągu roku rzeka ma charakterystyczny niedobór tlenowy wody (71-78 %). Względne zwiększenie tlenowego nasycenia wody  $O_2$  spostrzega się w letnio-jesiennym okresie niskich stanów wody kosztem przyśpieszenia procesów fotosyntezy. W wodach dopływów względna objętość tlenów zmieniała się – od 20-35 % do 119-122 %. Stan nasycenia tlenowego wody rzeki Połtwa nie przekraczał 24-29 %, co świadczy o jego niedoborze w ciągu roku.

5. Badania reżimu hydrochemicznego substancji biogennych, mikroelementów i zanieczyszczających substancji specyficznych nie wykazały ogólnych prawidłowości podziału tych wskaźników według sezonów. Zwiększenie koncentracji w czasie wiosennych roztopów zostało ujawniono dla oddzielnych

mikroelementów oraz produktów naftowych przez ich zmycie z powierzchni zlewni. Dla azotanowych jonów czas najmniejszych koncentracji – okres wegetacji, co związane z ich użytkowaniem przez hydrobionty.

Średnia koncentracja mineralnych form azotu ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ) w wodzie Bugu wynosiła  $3,866 \text{ mgN/dm}^3$  i zmieniała się od  $3,494 \text{ mgN/dm}^3$  do  $4,275 \text{ mgN/dm}^3$ . Dominującą formą jest  $\text{N-NH}_4^+$ . Wśród dopływów dorzecza największą zawartość mineralnych form azotu wynosi rzeka Połtwa. Przekroczenie GDK dla  $\text{N-NO}_2^-$  oraz  $\text{N-NH}_4^+$  w wodzie rzeki Połtwa wyniosły 7 i 27 razy.

6. Zaznaczono lokalny wpływ antropogenicznych czynników na formowanie zawartości głównych jonów, substancji biogenicznych, mikroelementów i specyficznych substancji zanieczyszczających. Stan wody rzeki Połtwa pogarsza ogólny chemiczny skład wody Bugu na odcinku od miasta Buśk do miasta Kamjanka-Buśka.

7. Poraz pierwszy zostały otrzymane ilościowe charakterystyki jonowego ścieku Bugu na granicach Ukrainy, Białorusi oraz Polski w ciągu lat 1989-2003. Średni roczny ściek jonów Bugu z obszarów Ukrainy wynosi 793,5 tys. t/rok ( $73,5\pi/\text{km}^2$ ); z obszarów Ukrainy i Polski – 857,0 tys. t. Z nich 93 % zrzuca się z obszarów Ukrainy i 7 % z obszarów Polski. Ściek jonów w ciągu roku dzieli się w sposób nierównomierny i zależy od wahań wodnego ścieku. W czasie wiosennych roztopów razem z wodami Bugu zrzuca się 48-59 % wszystkich jonów rozpuszczonych; 25-31% – w czasie letnio-jesiennego okresu niskich stanów wody; 16-22% w ciągu zimowego okresu niskich stanów wody.

Ściek biogenicznych substancji zgodnie z sezonami podziela się w następujący sposób: 47-67 % zrzuca się w czasie wiosennych roztopów; cząstka letnio-jesiennego i zimowego okresów niskich stanów wody wynosi odpowiednio 17-35 % oraz 16-19 %. Wskaźniki ścieku mikroelementów: wiosenne roztopy – 45-74 %; letnio-jesienny okres niskiego stanu wody – 19-35%; zimowy okres – 6-20 %. Objętość wodnego ścieku jest zasadniczym czynnikiem, który wpływa na zmienność ścieku substancji chemicznych Bugu.

8. Wpływ jonowego ścieku najbardziej zanieczyszczonej rzeki Połtwa na ogólny ściek jonów Bugu dostrzega 66 % w nabieżniku miasta Kamjanka-Buśka oraz 28 % na przejściu granicznym. Dla ścieku azotu amonowego te wielkości są najwyższe i dostrzegają odpowiednio 70 % i 47 %, dla fosforanów – 80 % i 71 %.

9. Ekologiczna ocena jakościowa wody bezpośrednio w rzece Bug, zaświadczyła, że według wskaźników solowego bloku jakość wody rzeki w ciągu 1989-2003 lat odpowiadała 2-jej kategorii II klasy ("bardzo dobre" zgodnie ze stanem, "czyste" zgodnie ze stopniem zanieczyszczenia); według ekologiczno-sanitarnych wskaźników i specyficznych substancji toksycznych były zaznaczone zmiany jakościowe wody od 4-jej do 5-jej kategorii III klasy ("zadowolające" – „przeciętne" zgodnie ze stanem, oraz "słabo zanieczyszczone" zgodnie ze stopniem zanieczyszczenia").

Zgodnie z badaniami dynamiki zanieczyszczenia rzecznych wód dorzecza Bugu było wyznaczono dwa okresy: z 1989 po 1994 r. – okres wysokich znaczeń średnich rocznych integralnych indeksów ekologicznych, które oceniają jakość wód rzecznych według 4-jej kategorii III klasy ("zadowolające" zgodnie ze stanem,

“słabo zanieczyszczone” zgodnie ze stopniem zanieczyszczenia”); z 1995 po 2003 r. – okres polepszenia jakościowego wód do 3-ej kategorii II klasy (“dobre” zgodnie ze stanem, “czyste” zgodnie ze stopniem zanieczyszczenia).

Jakość wody dopływów dorzecza Bugu odróżnia się przez różny stopień zanieczyszczenia. Zmiany średnich rocznych znaczeń integralnych ekologicznych indeksów rzek Rata i Ługa wynosiły 2,0-3,3 (2-ga – 3-cia kategorii II klasy). Najwięcej zanieczyszczoną rzeką dorzecza jest r. Połtwa –  $I_E=3,9-5,7$  (4-ta – 6-ta kategorii III-IV klas). Średnie roczne znaczenia bloków ekologo-sanitarnych wskaźników i specyficznych substancji toksycznych oceniają jakość wody rzeki Połtwa, wyłącznie według 6-ej – 7-ej kategorii IV-V klas. Wielkości koncentracji zanieczyszczeń, charakter reżimu tlenowego oraz innych fizyko-chemicznych wskaźników zaświadcza o tym, że rzeka Połtwa jest w stanie kryzysu, w wodzie rzeki są słumione procesy samooczyszczające i ekosystem rzeki niezbędnie potrzebuje wprowadzenia przedsięwzięć ochrony rzyrody i środowiska naturalnego.

10. Dla dorzecza Bugu niezbędnym jest natychmiastowe wprowadzenie przedsięwzięć, skierowanych na odnowienie jakości rzecznych wód dorzecza, które będą wprowadzone kosztem zmniejszenia ścieków miast, budowanie nowych oczyszczalni oraz modernizacji czynnych oczyszczalni, sieci kanalizacyjnych, dotrzymania technologicznych zasad oczyszczania wody, wprowadzenia sankcji karnych za niedotrzymanie zasad prawodawczych według ochrony środowiska. W taki sposób, zmniejszenie zanieczyszczeń tylko rzeki Połtwa, spowoduje obniżenie ogólnego antropogenicznego obciążenia na wodny ekosystem Bugu, polepszenie jakości jego wody na dużym odcinku (miasto Buśk – miasto Kamjanka-Buśka) oraz zmniejszenie wyrzutów substancji chemicznych z wodami Bugu za granicy obszarów Ukrainy. Zrealizowanie tych zadań nie jest możliwe bez podwyższenia działalności sieci narodowego i transgranicznego monitoringu jakościowego rzecznych wód, wprowadzenia organizacyjnej struktury według kompleksowego i ukształtowanego zarządzania i zagospodarowania dorzecza Bugu, prowadzenia przedsięwzięć integracyjnych z ochroną wody i środowiska naturalnego ze strony sąsiednich państw zgodnie z wymogami Wodnej Ramkowej Dyrektywy Unii Europejskiej.

## **Гідроekологічний стан транскордонного басейну Західного Бугу на території України**

**Забокрицька М.Р.**

*Розглядається комплекс питань, присвячених вивченню закономірностей формування хімічного складу води, гідрохімічного режиму та стоку хімічних речовин річок басейну Західного Бугу. Подано результати розрахунку іонного стоку з української та польської частин басейну. Висвітлено особливості часової та просторової динаміки якості річкових вод басейну. Охарактеризовано стан ведення національного та транскордонного моніторингу.*

## **Hydroecological status of Zakhidny Buh transboundary Basin in the territory of Ukraine**

**Zabokrytska M.R.**

*Number of issues concerning study of water chemical composition forming, hydrochemical regime and discharge of chemical compounds with the rivers of Zakhidny Bug Basin is considered. Results of ions discharge from Polish and Ukrainian part of the basin are presented. Peculiarities of time and spatial dynamics of river water quality are highlighted. Current state of national and transboundary monitoring is characterized.*

УДК [556.531.4:546.3] (282.247.32)

### **ВПЛИВ ФУЛЬВОКИСЛОТ НА ДЕСОРБЦІЮ Zn і Pb З ДОННИХ ВІДКЛАДІВ**

**Линник П.М., Зубко О.В.**

*Інститут гідробіології НАН України, м. Київ*

**Вступ.** Донні відклади водойм – це надзвичайно важливий компонент водних екосистем, оскільки саме в них відбувається накопичення різноманітних хімічних речовин як неорганічного, так і органічного походження, у тому числі й забруднювальних. Завдяки цьому накопиченню відбувається самоочищення водного середовища, що слід розглядати як позитивне явище.

Істотний вплив на якість водного середовища виявляють сполуки важких металів (ВМ), оскільки деякі з них належать до токсичних і канцерогенних. Стан ВМ у воді значною мірою відбивається на їхній міграції в системі доні відклади – вода та здатності до перетворень під впливом низки процесів, що відбуваються у водоймах. Залежно від форм знаходження у воді поведінка ВМ може бути різною: вони стають здатними сорбуватись завислими частинками і седиментувати в умовах уповільнення течії або активно зв'язуватись у комплекси з органічними лігандами і знаходитись переважно у розчиненому стані. Біодоступність і токсичність різних форм металів також залежить від їхнього стану у воді. Найбільша токсичність водного середовища проявляється тоді, коли ВМ знаходяться головним чином у вигляді вільних (гідратованих) іонів. Якщо ж домінують комплексні сполуки металів та ще й з природними органічними лігандами, то їхня токсичність істотно знижується або ж зникає повністю. Принаймні це характерно для більшості металів, що знаходяться в ступені окиснення +2. Отже, все це загалом свідчить про те, що дослідження співіснуючих форм металів у воді є надзвичайно важливим.