

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

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

Періодичний науковий збірник
Том 4 (31)

Київ
2013

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2013. – Т. 4(31). – 125 с.

HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:

The scientific collection / The editor-in-chief V.K. Khilchevskiy. – 2013. – Vol. 4(31). – 125 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
(18 листопада 2013 р., протокол № 9)*

Адреса видавця та редколегії:

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

Телефон редколегії: (044) 521-32-29.

E-mail: gidrolog@niv.kiev.ua

luko15_06@ukr.net

РЕДАКЦІЙНА 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*;

Цюпа Тадеуш, доктор габілітований, *Інститут географії Університету Яна Кохановського в Кельцах (Польща)*;

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

Жежеря Т. П., Линник П. М.

Силіцій у поверхневих водах: джерела надходження, форми знаходження та закономірності міграції..... 6

Tadeusz Ciupa, Roman Suligowski, Tadeusz Biernat

The conditions for the location of small water retention reservoirs in Świętokrzyskie Mountains (Poland)

Тадеуш Цюпа, Роман Суліґовські, Тадеуш Бієрнат

Умови розташування малих водосховищ в Свентокшинських Горах (Польща)..... 16

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

Ободовський Ю. О.

Руслові процеси річок верхньої частини басейну Тиси (в межах України)..... 25

Баужа Т. О., Горбачова Л. О.

Особливості часового розподілу мінімального стоку води річок та струмків басейну річки Ріка..... 36

ГІДРОХІМІЯ. ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Николаєв А.М., Шевчук Ю.Ф.

Режим мікроелементів малих річок міста Чернівці..... 48

Шипілова А.В., Курило С.М.

Зміни багаторічних значень мінералізації і вмісту головних іонів у воді річки Західний Буг – п. Кам'янка-Бузька..... 57

Кирилюк О.В.

Оцінка гідрохімічного статусу вод малих річок басейну Верхнього Пруту (на прикладі річок Гуків, Дерелуй та Виженка)..... 62

Ігнатенко І.І.

Міграція молібдену у водоймах з уповільненим водообміном..... 67

Вострокнутова Ю.О.

Условия формирования биогенного состава воды Камских водохранилищ..... 73

ГІДРОЕКОЛОГІЯ. ГІДРОБІОЛОГІЯ

Данильченко О.С.

Оцінка антропогенного навантаження на басейни малих річок Сумського Придніпров'я..... 79

Шевчук І.О., Зацаринна О.Д., Сукач Л.В.

Екологічні проблеми річки Рось..... 89

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Затула В.І., Затула Н.І.

Річна амплітуда температури повітря і континентальність клімату України..... 95

Пясецька С.І.

Масове розповсюдження ожеледі на території України протягом 1991-2000 рр..... 101

Колесник А. В., Капочкина М. Б., Капочкин Б. Б.

Изменение погодных условий при землетрясениях..... 107

Капочкина А. Б.

Субмаринная разгрузка подземных вод..... 112

ЮВІЛІ

Хільчевський Валентин Кирилович – вчений і наставник. Відомому гідрологу, гідрохіміку, гідроекологу – 60 років..... 117

Порядок подання і оформлення статей до періодичного наукового збірника «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія»..... 123

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

CONTENTS

THE GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

Zhezherya T.P., Linnik P.N.

Silicon in surface waters: its sources, speciation and regularities of migration..... 6

Tadeusz Ciupa, Roman Suligowski, Tadeusz Biernat

The conditions for the location of small water retention reservoirs
in Świętokrzyskie Mountains (Poland)..... 16

HYDROLOGY. WATER RESOURCES

Obodovsky Y.A.

The river-bed processes of the upper part of the Tisza basin (within Ukraine)..... 25

Bauzha T.O., Gorbachova L.O.

Features of the temporal distribution of rivers and streams in the Rika River Basin..... 36

HYDROCHEMISTRY. HYDROEKOLOGY

Nikolaev A. M., Shevchuk Y.F.

Mode microelements of the small rivers of Chernivtsi..... 48

Shipilova A., Kurilo S.

Dynamics of a chemical compound of water of the river Western Bug – Kamenka-Bugska 57

Kiriliuk O.V.

Hydrochemical status assessment of small rivers water for Upper Prut River Basin
(on the example of the rivers Gukiv, Dereluy and Vizhenka)..... 62

Ignatenko I.I.

The molybdenum migration in the water bodies with the decelerated water cycle..... 67

Vostroknutova Iu.

Conditions for the formation of nutrient composition of water of Kamsky Reservoirs..... 73

HYDROEKOLOGY. HYDROBIOLOGY

Danylchenko O.S.

Estimation of the anthropogenic burden on basins of small rivers of Sumy Pridnieprovie... 79

Shevchuk I.A., Zaccarina O.D., Sukach L.V.

Ecological problems of the small river of Ros'..... 89

GEOGRAPHICAL ASPECTS OF HYDROLOGICAL RESEARCH

Zatula V.I., Zatula N.I.

Annual amplitude of air temperature and continentality of climate in Ukraine..... 95

Pyasetska S.I.

Mass distribution of ice glaze on the territory of Ukraine for 1991-2000 years..... 101

Kolesnik A., Kapochkina M., Kapochkin B.

Changing weather conditions during earthquakes..... 107

Kapochkina A.

Submarine groundwater discharge..... 112

JUBILEES

Khilchevskiy Valentin K. - scientist and mentor. *The known hydrologist, hydrochemist and hydroecologist is 60 years*..... 117

The presenting and official registration of the articles for the scientific
periodical collection «Hydrology, hydrochemistry and hydroecology»..... 123

УДК 546.28:556.53 (556.114)

Жежеря Т.П., Линник П.М.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

СИЛІЦІЙ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ: ДЖЕРЕЛА НАДХОДЖЕННЯ, ФОРМИ ЗНАХОДЖЕННЯ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ МІГРАЦІЇ

Ключові слова: *силіцій, форми знаходження, розчинна форма, зависла форма*

Постановка та актуальність проблеми. Силіцій відноситься до найбільш вивчених хімічних елементів поверхневих вод. Так, систематичні дослідження силіцію та інших біогенних елементів у поверхневих водах України розпочато ще у 50–60 рр. минулого століття. Вони були присвячені вивченню загального його вмісту та сезонної динаміки. Однак дослідженню форм знаходження силіцію у поверхневих водних об'єктах, зокрема його розчинної і завислої форм, приділялось недостатньої уваги. А це, в свою чергу, дуже важливо для з'ясування основних шляхів міграції силіцію, його біодоступності для водяних організмів та розподілу між абіотичними і біотичними компонентами гідроекосистем.

Виклад основного матеріалу. Силіцій – один з найпоширеніших хімічних елементів у природі. Він займає друге місце після кисню у складі земної кори, кларки яких становлять відповідно 47,0 і 29,5% [29]. Завдяки вираженій спорідненості до кисню і утворенню з останнім міцних хімічних зв'язків, силіцій у вільному стані в природі не зустрічається, а знаходиться у складі багатьох мінералів, серед яких найважливішими є кремнезем, силікати і алюмосилікати [30, 41]. За середніми величинами, відносний вміст кремнезему у літосфері становить близько 58,3%, а частка його у вигляді самостійних мінералів – кварцу, халцедону й опалу досягає 12,0% [1]. Слюда, польові шпати, амфіболи та інші алюмосилікати і силікати складають 75–80% земної кори та становлять основу всіх важливих гірських осадових і вивержених порід [17, 24, 29]. Згідно даних О. І. Перельмана, за сумарною кількістю мінералів, що становить 432, силіцій займає третє місце після кисню і водню [29]. Однак М. О. Смол'янінов зазначає, що загальна кількість силікатів, які відомі на сьогоднішній день, досягає 800 [34]. Крім цього, В. В. Іванов [21] вказує на те, що силіцій – це мінералоутворюючий елемент приблизно для 900 мінералів, з яких 847 становлять силікати й алюмосилікати, 14 – оксиди силіцію, решта – фториди, фосфати, гідрогенфосфати, арсенати, борати тощо.

У складі земної кори силіцій знаходиться у зв'язаному стані в силікатах і алюмосилікатах, а також у вигляді стійкої сполуки з киснем – силіцій діоксиду або кремнезему [19]. Для нього характерне утворення низки кристалічних і аморфних модифікацій. Кварц – найбільш розповсюджений мінерал кремнезему, рідше зустрічаються інші його різновиди, зокрема халцедон, опал, тридиміт, кристобаліт, коєсит, стишовіт тощо. Основна маса кремнезему представлена кварцом вивержених порід, а останній – головний мінерал пісковиків і кварцитів та важливий породоутворюючий мінерал земної кори. За своїм хімічним складом кварц – це майже 100% SiO_2 , лише незначну його частину становлять інші оксиди (TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO) [16, 19]. Халцедон – мінерал, який на 90–99%

складається з кремнезему, а також у його складі виявлено незначні кількості H_2O , Fe_2O_3 , Al_2O_3 тощо. Вода, що входить до складу халцедону, утримується за рахунок адсорбційних і капілярних сил. Опал – твердий природний аморфний гідрогель $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$, вміст води в якому становить 3–9%, інколи досягаючи 34%. В результаті дегідратації в природних умовах опал здатний переходити в халцедон, а потім в кварц. Саме опал складає основу панцирів організмів-накопичувачів силіцію – діатомових водоростей, радіолярій, кремнієвих губок тощо. Однією із модифікацій кремнезему є також кремій. Цей природний мінерал має кристалічну або аморфну структуру, у його складі виявлено також низку інших хімічних сполук. За своєю будовою кремій – це на 97–99% діоксид силіцію з різним ступенем гідратації. Накопичення кремнезему в морях і озерах відбувається головним чином в результаті біохімічних процесів та неорганічного осадження. Зазвичай, він накопичується у вигляді речовини, що має різну назву – опал, опаловий кремнезем, “аморфний кремнезем” [19].

Важливий клас природних сполук (мінералів), до складу яких також входить силіцій – це силікати. Переважна їхня більшість – це важливі породоутворюючі мінерали всіх магматичних гірських порід. Відомо, що силікати складаються в основному з йонів силіцію і кисню у сполученні з йонами металів (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} тощо) [4].

Вилуговування сполук силіцію з гірських порід і мінералів відбувається в результаті фізичного, хімічного і біологічного вивітрювання. Вивітрювання гірських порід і мінералів починається з їхнього механічного руйнування, тобто за дії фізичного вивітрювання, в результаті якого у воду надходить значна кількість силіційвмісних частинок, які у водному середовищі знаходяться у завислому стані, або седиментують і утворюють мінеральну складову донних відкладів. Взаємодіючи з водою і розчиненими в ній речовинами, ці частинки частково вилуговуються в результаті чого утворюються розчинені сполуки силіцію. Фізичне вивітрювання, яке призводить до подрібнення та збільшення площі реагуючої поверхні мінералів, прискорює процес хімічного і біологічного вивітрювання [4, 31].

Хімічне вивітрювання гірських порід і мінералів – один із основних шляхів надходження сполук силіцію до поверхневих природних вод. В результаті силіційвмісні мінерали (насамперед силікати і алюмосилікати), які входять до складу ґрунтів і донних відкладів, можуть частково розчинятися. Хімічне вивітрювання силіційвмісних мінералів може відбуватися шляхом їхнього розчинення у водному середовищі з низькими показниками рН. Встановлено, що вода, яка містить вуглекислоту, вилуговує мінерали сильніше, ніж вода, яка насичена азотом [22]. Розчинені у водному середовищі гази, зокрема кисень як окисник, також здатні руйнувати мінерали [28].

Швидкість хімічного вивітрювання залежить від низки чинників, зокрема хімічного складу вивітрюваної гірської породи, наявності ізоморфних домішок у складі мінералів, які виступають як каталізатори в процесі їхнього вилуговування, окиснення і розчинення, а також будови кристалічної ґратки мінералів. Крім того, до важливих чинників, які впливають не лише на швидкість, але й на характер процесів вивітрювання, слід віднести температурний чинник та вологість. Залежно від середньорічних показників температури і вологості повітря виділяють аридний і гумідний типи вивітрювання. Перший з них характерний для сухого і жаркого клімату, а другий – для помірного клімату з великою вологістю. Аридний тип відзначається лужним характером процесу вивітрювання, завдяки якому відбувається луже розчинення силіцію, алюмінію, хрому тощо та їхня подальша міграція. При гумідному типі вивітрювання набуває кислотного характеру завдяки

утворенню значної кількості ґрунтових кислот та інших органічних речовин, які спричинюють кисле середовище [44]. Досить висока міграційна рухливість силіцію спостерігається у водах, збагачених органічними кислотами [цит. за 21].

Силіційвмісні мінерали мають різну здатність до вивітрювання, яка залежить, насамперед, від структури мінералу. Слід зазначити, що серед силіційвмісних мінералів піроксени вивітрюються легше за польові шпати, а серед останніх кальцієві і калієві польові шпати – легше за натрієві плагіоклази. Олівін значно більшою мірою зазнає вивітрювання, ніж ромбічний піроксен, оскільки олівін складається із вільних силіційоксигенових тетраедрів, а піроксен – із силіційоксигенових ланцюжків [44]. Відомо, що під час розчинення кварцу і халцедону силіцій надходить до водного середовища в незначних концентраціях, тоді як аморфний кремнезем легкорозчинний. Розчинність у воді аморфного кремнезему залежить від її температури і становить 50–80 мг $\text{SiO}_2/\text{дм}^3$ при температурі 0°C, 100–120 мг $\text{SiO}_2/\text{дм}^3$ при 25°C та 360–420 мг $\text{SiO}_2/\text{дм}^3$ при 90°C [23]. Однак дуже низька швидкість його розчинення – одна з головних причин недонасичення природних вод силіцієм [3]. Крім того, за наявності розчинених солей – Na_2SO_4 , MgSO_4 і, зокрема, MgCl_2 та CaCl_2 розчинність кремнезему знижується [44].

Розчинність аморфного кремнезему приблизно однакова як у розведених кислотах, так і в розведених лугах. За значень $\text{pH} \geq 9$ вона різко зростає внаслідок дисоціації силікатної кислоти [23]. Краща розчинність SiO_2 спостерігається у лужному розчині, який містить у своєму складі йони натрію. Порівняно із контролем (чиста вода) та за однакової температури і тиску розчинність SiO_2 у водному розчині Na_2CO_3 може зростати в 30 разів, а в розчинах NaHCO_3 або NaOH і NaCl відповідно – у 50 і 90–100 разів. Меншою мірою сприяють розчиненню кремнезему солі калію, магнію та кальцію. Відомо, що води з низькими значеннями pH також є добрими розчинниками кремнезему та його сполук. Зокрема, деякі дослідники відмічають порівняно високі концентрації силіцію (36,7–42,7 мг $\text{SiO}_2/\text{дм}^3$), властиві сильноокислим рудним водам сульфідних родовищ Казахстану [цит. за 3].

Кварц – мінерал, який належить до головних хімічних сполук гранітоїдних гірських порід, що майже не зазнає вивітрювання і здатний накопичуватися у вигляді уламкових зерен осадових порід – кварцитів і пісковиків. Однак при високому ступені дисперсності, особливо, в аридних зонах, він може частково вилугувуватись за дії лужних розчинів або ж за наявності в них HF . Остання вивільняється із CaF_2 за дії сульфатної кислоти, що утворюється при окисненні піриту [44]. Розчинність кварцу за звичайних умов знаходиться в межах 6–14 мг $\text{SiO}_2/\text{дм}^3$, тобто приблизно у 10 разів менша, ніж розчинність аморфного кремнезему [23].

Надходження сполук силіцію у водне середовище внаслідок вивітрювання твердого кремнезему або силікатних мінералів – досить повільний процес. Саме тому низькі концентрації силіцію у поверхневих природних водах зумовлені низькою розчинністю силіційвмісних мінералів. Слід відмітити й інші додаткові процеси, які обмежують концентрацію силіцію у поверхневих водах: повільне осадження силікат-йонів типовими катіонами, зокрема Ca^{2+} і Mg^{2+} , які наявні в природних водах; наближення концентрації кремнезему до рівноважних концентрацій з кварцом або халцедоном, а не з аморфним кремнеземом; процеси адсорбції, а також засвоєння силіцію діатомовими водоростями та іншими силіційвмісними організмами. Лише в тих районах, де силікатні мінерали складають основу підстилаючої породи чи ґрунту, сполуки силіцію можуть займати

важливе місце серед розчинених компонентів природних вод [4, 23].

До важливих хімічних чинників, що впливають на вивітрювання мінералів і гірських порід та міграційну рухливість елементів, які входять до їхнього складу, належать органічні кислоти – гумінові і фульвокислоти. Оцінюючи роль кожної з цих груп кислот у процесах руйнування мінералів, слід відмітити неоднаковий характер їхнього впливу на останніх. Згідно результатів досліджень щодо впливу гумусових речовин на мінерали біотит і нефелін, фульвокислоти здатні певною мірою розкладати ці мінерали, руйнувати їхні кристалічні ґратки, забезпечуючи тим самим перехід у розчин різних йонів, зокрема силіцію і алюмінію. Водночас, гумінові кислоти можуть руйнувати у структурі силікатів лише слабкі зв'язки, внаслідок чого в розчин надходять лише основні елементи (Na, K) [35].

Біологічне вивітрювання гірських порід і мінералів відбувається за участю живих організмів – бактерій, грибів, водоростей, лишайників, вищих рослин, тварин тощо. Важливе значення в міграції силіцію належить силікатним бактеріям, завдяки яким відбувається інтенсивне руйнування мінералів з вивільненням кремнезему, калію, фосфору та інших мінеральних речовин. Вплив бактерій на вилуговування порід і мінералів за рахунок виносу того чи іншого хімічного елемента підтверджується також і експериментальними дослідженнями. Концентрації хімічних елементів, які виявлені в розчині експериментальних систем з бактеріями, були значно вищими, ніж у контролі, де підтримували стерильні умови. Виявилося, що вміст лужноземельних металів зріс у 3–5, лужних металів – у 6–8, феруму, алюмінію і силіцію – у 2–4 рази [13].

Дослідження впливу окремих видів грибів, зокрема *Penicillium sp.*, *Mucor sp.*, *Fusarium sp.*, *Botrytis sp.*, *Spicaria sp.*, *Aspergillus niger* на гірські породи і мінерали показали, що гриби, які продукують щавлеву і лимонну кислоти, здатні значною мірою руйнувати силікатні мінерали. В ході експериментальних досліджень виявлено, що протягом 7 діб із мінералів (біотиту, мусковіту, олівіну, натроліту, нефеліну тощо) за участю грибів вилуговувалося 18–52% алюмінію і 14–23% кремнезему від їхнього загального вмісту у складі досліджуваних мінералів [13, 46, 52]. Важлива роль у руйнуванні гірських порід і мінералів належить організмам-симбіонтам – лишайникам та губкам [45]. Крім того, на міграцію хімічних елементів в результаті вилуговування материнських порід значний вплив мають і вищі наземні рослини, зокрема деревні форми, які завдяки своїм кореневим виділенням здатні підкислювати порові води [38].

Надходження сполук силіцію до поверхневих водних об'єктів може відбуватись також за рахунок підземних вод, що особливо характерно для поверхневих вод з підземним типом живлення. Крім того, сполуки силіцію надходять до поверхневих вод за рахунок відмирання водяних і наземних рослинних організмів, які містять у своєму складі, порівняно з іншими організмами, підвищені концентрації силіцію (діатомові водорості, хвощі, злакові, осокові, хвойні рослини тощо) [8, 31]. Під час відмирання діатомових водоростей відбувається повільне надходження розчинених сполук силіцію до водної товщі. Проте певна його частина залишається у складі донних відкладів водойм чи водотоків. Результати досліджень, проведені на оз. Онтаріо (Північна Америка), показали, що лише 30% кремнезему, що входить до складу донних відкладів у вигляді панцирів діатомових водоростей, залишається на дні в незмінному вигляді, в той час як решта включається в колообіг і знову повертається у водне середовище [40]. А в

оз. Байкал лише 5–10% силіцію, що знаходиться у вигляді біогенного кремнезему¹ може осаджуватися [цит. за 42].

Стічні води промислових підприємств з виготовлення керамічних, цементних і скляних виробів, силікатних фарб, в'язучих матеріалів розглядаються як важливе джерело антропогенного нахождення сполук силіцію. Серед галузей промисловості, стічні води яких також збагачені сполуками силіцію, слід зазначити рудозбагачувальну, металургійну, металооброблювальну тощо [21, 31]. Додатковим джерелом надходження сполук силіцію до поверхневих вод можуть бути також і силікати, що входять до складу синтетичних миючих засобів, зокрема пральних порошків, і використовуються як замітники фосфатів [50]. Їхнє надходження можливе за рахунок побутових стічних вод.

Важливу роль у формуванні хімічного складу вод суходолу відіграють атмосферні опади, оскільки вони можуть бути одним із джерел надходження металів, органічних речовин і біогенних елементів, у тому числі й силіцію. Переважна більшість розчинених у атмосферних опадах солей має континентальне, а не морське походження, що пов'язане із розчиненням як еолового пилу, так і продуктів техногенної діяльності. Надходження в атмосферу речовин теригенного походження відбувається в результаті розчинення пилових частинок гірських порід і ґрунтів, а в аридних умовах – за рахунок легкорозчинних солей. Встановлено, що теригенні аерозолі – основне джерело надходження силіцію до атмосферних опадів [11]. Так, в результаті вітрового перенесення із суходолу виноситься близько $0,47 \cdot 10^9$ т Si/рік [17].

За результатами досліджень хімічного складу атмосферних опадів встановлено, що концентрація силіцію у них коливається від 0,01 до 0,65 мг/дм³. Концентрацію силіцію в межах 0,58–0,65 мг/дм³ знайдено в атмосферних опадах Приамур'я (Хабаровський край Російської Федерації), які слід розглядати як максимальні в наведеному вище інтервалі концентрацій [39]. Лісові пожежі – це один із чинників, що впливає на формування хімічного складу атмосферних опадів. Під час них в атмосферу додатково надходять сполуки кальцію, фосфору, амонійного азоту, а також силіцію. Значна частина силіцію в атмосферних опадах перебуває в завислій формі, що пов'язано із знаходженням та перенесенням його у складі пилових частинок [2, 20].

В поверхневих водах силіцій знаходиться у розчинній (йонній і молекулярній), колоїдній, адсорбційній і завислій формах. Розчинна форма може існувати у вигляді молекул силікатної кислоти, які мають нейтральний заряд (H_4SiO_4), або в йонній формі ($H_3SiO_4^-$), співвідношення між якими залежить від pH водного середовища. Так, при pH 7,0 силікатна кислота на 99,9% знаходиться у вигляді недисоційованих молекул, а в інтервалі pH 8,0–10,0 одночасно можуть існувати як недисоційовані, так і йонні форми [31]. У поверхневих природних водах виділяють мономерно-димерну, полімерну і зв'язану з РОР форми силікатної кислоти [18]. Частка колоїдної форми кремнію, зазвичай, не перевищує 20% його загального вмісту, хоча в деяких випадках може досягати 30–40% [12]. Її зростанню сприяють збільшення концентрації силіцію у воді, а також зменшення її температури та pH [31, 61]. Адсорбційна форма кремнію утворюється в результаті злипання із твердими зависями, які містять на собі катіони магнію, феруму, алюмінію, кальцію тощо [12]. Результатами експериментальних досліджень, встановлено, що 1 г глини здатен сорбувати на собі 0,7–0,9 мг силіцію [54].

¹ Біогенний (опаловий, аморфний) кремнезем – форма кремнезему ($SiO_2 \cdot nH_2O$), що входить до складу панцирів діатомових водоростей та інших силіційвмісних організмів.

Частинки мінералів силіцію (кремнезем і його різні модифікації, силікати і алюмосилікати, живі силіційвмісні організми, а також планктонний детрит) відносять до завислої форми силіцію. Таким чином, у поверхневих водах завислий силіцій знаходиться у двох формах – кристалічній, яка представлена алохтонними включеннями, і аморфній або біогенній, що становить автохтонну частину силіційвмісної зависі [5].

Силіцій – постійний компонент прісних та морських вод. Вміст його розчинної форми у прісних поверхневих водах світу коливається в достатньо широких межах – від слідових значень до 16 мг/дм³ (табл.). Зазвичай, високі концентрації силіцію характерні для водних об'єктів тропічних та субтропічних зон, тоді як у помірних і полярних вони, навпаки, низькі. Це зумовлено, насамперед, температурним чинником як однією з умов інтенсивного вивітрювання гірських порід і мінералів та подальшого надходження силіцію у водойми і водотоки [12]. Незважаючи на значне розповсюдження у природі силіційвмісних порід і мінералів, концентрація силіцію в поверхневих водах, зазвичай, вважається невисокою, що пояснюється низькою їхньою розчинністю.

Таблиця. Вміст силіцію у поверхневих водних об'єктах різних регіонів світу

№ п/п	Об'єкт дослідження	Si _{розч} , мг/дм ³	Літературні джерела
1	оз. Світле, Архангельська обл., РФ	1,6–16,0	[27]
2	р. Водла, Карелія, РФ	0,9–2,3	[36]
3	Ладозьке озеро	0,2–1,7	[36]
4	Онезьке озеро	0,2–0,4	[32]
5	р. Береш, Сибір, РФ	0,4–4,2	[6]
6	оз. Байкал	1,2–2,6	[9]
7	Озера зони мішаних і широколистяних лісів, Східно-Європейська рівнина, РФ	0–5,8	[26]
8	оз. Імандра, Кольський півострів	0,2–0,9	[25]
9	р. Кура, Грузія	4,8–8,1	[37]
10	Тбіліське вдсх., Грузія	2,8–3,4	[37]
11	р. Амазонка, Бразилія	3,8–4,0	[47]
12	р. Колумбія, США	2,9–3,5	[47]
13	Озера Великої Британії	0,09–2,2	[58]
14	р. Янцзи	2,2–3,4	[56, 59]
15	Річки Швеції	0,1–8,3	[60]
16	Річки Німеччини	0,06–7,6	[60]
17	р. Конго	3,1–6,7	[49, 57]
18	Річки басейну Дніпра	0,9–7,5	[15]
19	Річки басейну Дністра	2,3–5,5	[15]
20	Річки басейну Сіверського Донця	3,4–7,8	[15]
21	Річки басейну Південного Бугу	3,2–5,9	[15]
22	Річки Криму	1,4–3,1	[15]
23	Річки Приазов'я	2,3–4,5	[15]
24	Річки басейну Дунаю	2,0–5,7	[15]

Примітка. Si_{розч} – концентрація розчиненого силіцію; РФ – Російська Федерація

В природних водах силіцій зустрічається переважно в розчинній формі [48]. В той же час, зростання концентрації завислого силіцію можливе за рахунок збільшення каламутності води, тобто вмісту в ній завислих речовин. Оскільки силіцій – це основний мінералоутворюючий елемент, тому збільшення у воді зависі мінерального походження одночасно буде супроводжуватися і зростанням частки його завислої форми. Підтвердженнями цьому слугують розрахунки, наведені в [7], згідно яких зі збільшенням каламутності річкових вод від 1 мг/дм^3 до $10,0 \text{ г/дм}^3$ частка силіцію у складі зависі зростає з 4,0 до 99,8% його загального вмісту. Таким чином, алохтонна або теригенна завись – важливе джерело надходження сполук силіцію у водні об'єкти, про що свідчать результати розрахунків його виносу з річковим стоком. Згідно [14], маса елемента, що виноситься з твердим стоком, за середньої каламутності річкових вод 460 мг/дм^3 становить $4,7 \cdot 10^9 \text{ т/рік}$, тоді як у розчиненому стані – лише $0,2 \cdot 10^9 \text{ т/рік}$.

Підвищені концентрації розчинного силіцію виявлено в річках в період незначного поверхневого стоку, що пояснюється, вірогідно, його міграцією із донних відкладів або із ґрунтовими водами [53]. Уповільнення швидкості течії річок внаслідок їхнього зарегулювання викликає збільшення первинної продукції водойми, оскільки відбувається активне споживання діатомовими водоростями біогенних елементів, у тому числі силіцію. В результаті цього розчинні сполуки силіцію трансформуються та переходять у завислу форму (кремнеземні панцирі діатомових водоростей). Після відмирання останніх відбувається седиментація і акумуляція силіцію у складі донних відкладів, де ці панцирі зазнають часткового розчинення з утворенням силікатної кислоти [50, 55].

Збільшення концентрації силіцію відмічено в паводковий період. Це, очевидно, зумовлено виходом води із річкових русел і затопленням навколишніх ґрунтів, яке супроводжується міграцією у водну товщу сполук силіцію [33]. Однак, існують і протилежні твердження. В період водопілля і паводків в результаті розбавлення вод, навпаки, спостерігається зниження концентрації силіцію, тоді як зростання його вмісту відмічається в період межені [10].

Зростання концентрації силіцію відбувається в придонних горизонтах над затопленими торфово-болотними ґрунтами. В результаті деструкції органічних речовин торфовищ вивільнені органічні кислоти розчиняють алюмосилікати, що, в свою чергу, зумовлює міграцію сполук силіцію в водне середовище [цит. за 6].

В поверхневих водах вміст силіцію зазнає сезонних змін, які визначаються переважно розвитком біоти, зокрема діатомових водоростей, які активно споживають його сполуки, відмиранням водяних силіційвмісних організмів, а також гідрологічними умовами (змінюю в співвідношенні між поверхневим і підземним стоками), процесами коагуляції і седиментації [31, 51]. Відомо, що головну роль у колообігу сполук силіцію у водному середовищі виконують саме діатомові водорості, які вилучають розчинний силіцій та трансформують його у завислий. Під час утворення первинної органічної речовини в першу чергу відбувається асиміляція силіцію у поверхневому (трофогенному) горизонті та його наступне накопичення у складі панцирів діатомових водоростей. Подальше їхнє переміщення в придонні горизонти води сприяє накопиченню силіцію у складі донних відкладів, які можуть бути вторинним джерелом розчинних сполук силіцію в процесі його регенерації [43]. Таким чином, перетворення розчинної форми силіцію у завислу можливе за участю біотичної компоненти гідросфери – діатомових водоростей, що є підтвердженням важливого значення силіцію для цих організмів як необхідного біогенного елемента.

Висновки. Серед компонентів хімічного складу поверхневих вод важливе місце належить біогенним елементам, зокрема силіцію. За розповсюдженням у земній корі він посідає друге місце після кисню, і, завдяки цьому, є постійним компонентом природних вод. Надходження сполук силіцію до поверхневих водних об'єктів відбувається в результаті дії низки фізико-хімічних та біологічних чинників. Домінуючою формою міграції силіцію в природних поверхневих водах є розчинна. В той же час, зростання концентрації завислого силіцію може відбуватися в результаті збільшення у воді вмісту завислих речовин мінерального походження, а також в період вегетації діатомових водоростей – основних організмів-силіційнакопичувачів.

Список літератури

1. Айлер Р. Химия кремнезема : Пер. с англ. / Р. Айлер. – М. : Мир, 1982. – Ч. 1. – 416 с.
2. Алексеенко В. А. Водная миграция биогенных элементов и органических веществ на лесном полигоне северо-запада ЕТС / В. А. Алексеенко, Н. А. Кудрявцева, С. В. Марунич // Гидрохим. материалы. – 1988. – Т. 103. – С. 17–33.
3. Богомолов Г. В. Растворимость кремнезема, формы его миграции в воде и основные факторы, влияющие на переход кремнезема в природные воды / Г. В. Богомолов, Г. Н. Плотникова, Е. А. Титова // Кремнезем в термальных и холодных водах. – М. : Наука, 1967. – С. 5–9.
4. Введение в химию окружающей среды / [Андруз Дж., Бримблекумб П., Джикелз Т., Лисс П.]; пер. с англ. А. Г. Заварзиной. – М. : Мир, 1999. – 271 с.
5. Витюк Д. М. Взвешенное вещество и его биогенные компоненты / Д. М. Витюк. – К. : Наук. думка, 1983. – 208 с.
6. Влияние ГРЭС на концентрации металлов и кремния в воде малой сибирской реки / Головина В. В., Еремина А. О., Щипко М. Л. и др. // Водные ресурсы. – 2002. – Т. 29, № 4. – С. 442–449.
7. Волков И. И. Химические элементы в речном стоке и формы их поступления в море (на примере рек Черноморского бассейна) / И. И. Волков // Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд. – М. : Наука, 1975. – С. 85–113.
8. Воронков М. Г. Кремний в живой природе / М. Г. Воронков, И. Г. Кузнецов. – Новосибирск : Наука, 1984. – 158 с.
9. Вотинцев К. К. О природных условиях Байкала в связи с разработкой стандарта качества его воды / К. К. Вотинцев // Водные ресурсы. – 1993. – Т. 20, № 5. – С. 595–604.
10. Гарасевич И. Г. Основные черты гидрохимического режима рек Припятского Полесья в условиях мелиорации региона / И. Г. Гарасевич // Гидрохим. материалы. – 1990. – Т. 108. – С. 13–30.
11. Гидрогеохимия / [Под ред. С. Л. Шварцева]. – Новосибирск : Наука, 1982. – Т. 3. – 286 с.
12. Гинзбург И. И. Содержание кремнезема в природных водах / И. И. Гинзбург, Е. С. Кабанова // Кора выветривания. – 1960. – Вып. 3. – С. 313–342.
13. Глазовская М. А. Геохимические функции микроорганизмов / М. А. Глазовская, Н. Г. Добровольская. – М. : Изд-во МГУ, 1984. – 152 с.
14. Гордеев В. В. Речной сток в океан и черты его геохимии / В. В. Гордеев. – М. : Наука, 1983. – 160 с.
15. Горев Л. М. Гідрохімія України / Л. М. Горев, В. І. Пелешенко, В. К. Хільчевський. – К. : Вища школа, 1995. – 307 с.
16. Дир У. А. Пороодообразующие минералы. / У. А. Дир, Р. А. Хауи, Дж. Зусман. – М. : Мир, 1966. – Т. 4. – 482 с.
17. Добровольский В. В. Основы биогеохимии / В. В. Добровольский. – М. : ИЦ Академия, 2003. – 400 с.
18. Драчева Л. В. Изучение состояния кремнекислоты в модельных и технологических процессах и поверхностных водах : Автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. хим. наук : спец. 05.17.01 “Технология неорганических веществ” / Л. В. Драчева. – М., 1974. – 26 с.
19. Дэна Дж. Д. Система минералогии / Дж. Д. Дэна, Э. С. Дэна, К. Фрондель. – М.: Мир, 1966. – Т. 3. – 432 с.
20. Иванов А. В. Лесные пожары и многолетняя изменчивость химического состава атмосферных осадков / А. В. Иванов, Н. П. Кашин // Гидрохим. материалы. – 1989. – Т. 95. – С. 3–14.
21. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. В 6 кн. / В. В. Иванов ; [под ред. Э. К. Буренкова]. – М. : Недра, 1994. – Кн. 2: Главные р-элементы. – 303 с.
22. Кабанова Е. С. Материалы по растворению минералов кремнезема в водных растворах / Е. С. Кабанова // Кора выветривания. – 1960. – Вып. 3. – С. 351–359.
23. Краускопф К. Б. Геохимия кремнезема в среде осадкообразования / К. Б. Краускопф // Геохимия литогенеза. – М., 1963. – С. 210–213.
24. Мала гірнича енциклопедія / [За ред.

В. С. Білецького]. – Донецьк : Донбас, 2004. – Т. 1. – 640 с. **25.** *Моисеенко Т. И.* Механизмы круговорота природных и антропогенно привнесенных металлов в поверхностных водах Арктического бассейна / Т. И. Моисеенко, В. А. Даувальтер, И. В. Родюшкин // Водные ресурсы. – 1998. – Т. 25, № 2. – С. 231–243. **26.** *Моисеенко Т. И.* Распределение микроэлементов в поверхностных водах суши и особенности их водной миграции / Т. И. Моисеенко, Н. А. Гашкина // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34, № 4. – С. 454–468. **27.** *Морева О. Ю.* Содержание соединений фосфора и кремния в малых озерах северо-запада России (Архангельская область) / О. Ю. Морева, А. А. Ершова, А. В. Чупаков // Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах и морских водах : материалы V Всерос. симпозиума с международным участием (10–14 сент. 2012 г., г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия). – Петрозаводск, 2012. – С. 184–187. **28.** *Морозов С. С.* Изменение химического состава, физических и физико-химических свойств магматических горных пород и минералов при взаимодействии с водными растворами / С. С. Морозов // Растворение и выщелачивание горных пород. – М. : Госстройиздат, 1957. – С. 222–252. **29.** *Перельман А. И.* Геохимия / А. И. Перельман. – М. : Высш. шк., 1989. – 528 с. **30.** *Рохов Е. Д.* Мир кремния : пер. с англ. / Е. Д. Рохов ; под ред. М. В. Соболевского. – М. : Химия, 1990. – 149 с. **31.** Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семенова. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 541 с. **32.** *Сабылина А. В.* Химический состав воды Онежского озера и его притоков / А. В. Сабылина, П. А. Лозовик, М. Б. Зобков // Водные ресурсы. – 2010. – Т. 37, № 6. – С. 717–729. **33.** *Синюкович В. Н.* Особенности прихода растворенного кремния в озеро Байкал / В. Н. Синюкович, Л. М. Сорокикова, Л. П. Голобокова // География и природные ресурсы. – 1998. – №2. – С. 66–70. **34.** *Смолянинов Н. А.* Практическое руководство по минералогии / Н. А. Смолянинов. – М.: Недра, 1972. – 360 с. **35.** *Соколова Е. И.* Экспериментальные исследования по разложению минерального вещества гумусовыми кислотами / Е. И. Соколова // Экспериментальные исследования по разложению минералов органическими кислотами. – М. : Наука, 1968. – С. 121–139. **36.** Состояние водных объектов республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. / Отв. ред. П. А. Лозовик, Т. П. Куликова, Н. Н. Мартынова. – Петрозаводск : КНЦ РАН, 2007. – 210 с. **37.** *Супаташвили Г. Д.* Гидрохимия Грузии (пресные воды) / Г. Д. Супаташвили. – Тбилиси : Изд-во Тбилисского ун-та, 2003. – 400 с. **38.** *Сутурин А. Н.* Биогеохимические процессы в литоральной зоне озера Байкал / А. Н. Сутурин, Н. Н. Куликова, О. А. Тимошкин // Материалы V Всерос. симпозиума с международным участием (10–14 сент. 2012 г., г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия). – Петрозаводск, 2012. – С. 30–32. **39.** *Харкевич Н. С.* О роли атмосферных осадков в формировании химического состава воды малых озер Южной Карелии / Н. С. Харкевич // Гидрохим. материалы. – 1986. – Т. 96. – С. 3–22. **40.** *Хендерсон-Селлерс Б.* Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования / Б. Хендерсон-Селлерс, Х. Р. Марклэнд. – Л. : Гидрометеиздат, 1990. – 280 с. **41.** Химическая энциклопедия: в 5 т. / [под ред. И. Л. Кнунянца]. – М. : СЭ, 1990. – Т. 2. – 1334 с. **42.** Химический состав и термодинамические свойства створок диатомовых применительно к процессам осаждения–растворения биогенного кремнезема в озере Байкал / [Левина О. В., Бычинский В. А., Пройдакова О. А. и др.] // Геология и геофизика. – 2001– Т. 42, № 1–2. – С. 319–328. **43.** *Хоружий Д. С.* Кремний в водах Севастопольской бухты весной 2008 года / Д. С. Хоружий, С. К. Коновалов // Морской гидрофиз. журнал. – 2010. – №3. – С. 40–51. **44.** *Щербина В. В.* Основы геохимии / В. В. Щербина. – М. : Недра, 1972. – 296 с. **45.** *Adamo P.* Weathering of rocks and neogenesis of minerals associated with lichen activity / P. Adamo, P. Violante // Applied Clay Science. – 2000. – Vol. 16. – P. 229–256. **46.** *Ademola O. Adeyemi.* Fungal degradation of calcium-, lead- and silicon-bearing minerals / Ademola O. Adeyemi, G.M. Gadd // BioMetals. – 2005. – Vol. 18. – P. 269–281. **47.** *Conley D. J.* Riverine contribution of biogenic silica to the oceanic silica budget / D. J. Conley // Limnology and Oceanography. – 1997. – Vol. 42(4). – P. 774–777. **48.** Determination of carbon, phosphorus, nitrogen and silicon species in waters / Robard K.S, McKelvie I. D., Benson R. L. at al. // Analytica Chimica Acta. – 1994 – Vol. 287. – P. 147–190. **49.** Effect of seasonal biogenic silica variations on dissolved silicon fluxes and isotopic signatures in the Congo River / Hughes H. J., Sondag F.,

Cocquyt C. et al. // *Limnol. Oceanogr.* – 2011. – Vol. 56(2). – 551–561. **50.** Gilpin L. C. The influence of changes in nitrogen: silicon ratios on diatom growth dynamics / L. C. Gilpin., K. Davidson, E. Roberts // *J. of Sea Research.* – 2004. – Vol. 51. – P. 21– 35. **51.** Hecky R. E. Seasonality of phytoplankton in relation to silicon cycling and interstitial water circulation in large, shallow lakes of central Canada / R. E. Hecky, H. J. Kling, G. J. Brunskill // *Hydrobiologia.* – 1986. – Vol. 138. – P. 117–126. **52.** Henderson M. E. K. The release of metallic and silicate ions from minerals, rocks, and soils by fungal activity / E. K. M. Henderson, R. B. Duff // *J. of Soil Science.* – 1963. – Vol. 14, № 2. – P. 236–246. **53.** Dissolution of silica and the development of concentration profiles in freshwater sediments / W. A. House, F. H. Denison, M. S. Warwick, B. V. Zhmud // *Applied Geochemistry.* – 2000. – Vol. 15. – P. 425–438. **54.** Jonson T. Silica in Lake Superior: mass balance consideration and a model for dynamic response to eutrophication / T. Jonson, S. Eisenreich // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* – 1979. – Vol. 43. – P. 77–91. **55.** Lewin J. C. The dissolution of silica from diatom walls / J. C. Lewin // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* – 1961. – Vol. 21. – P. 182–198. **56.** Long-term variations in dissolved silicate, nitrogen, and phosphorus flux from the Yangtze River into the East China Sea and impacts on estuarine ecosystem Estuarine / Li M., Xu K., Watanabe M., Chen Z. // *Coastal and Shelf Science.* – 2007. – Vol. 71. – P. 3–12. **57.** Nutrient distribution in the Zaire estuary and rivers plume / Bennecom A. I., Van Berger G. W., Helder W., Vries R. T. P. // *Netherl. J. Sea Res.* – 1978. – Vol. 12, №3/4. – P. 296–323. **58.** Silicon concentrations in UK surface waters / [Neal C., Neal M., Reynolds B. et al.] // *J. of Hydrology.* – 2005. – Vol. 304. – P. 75–93. **59.** Silicon isotope compositions of dissolved silicon and suspended matter in the Yangtze River, China / Ding T., Wan D., Wang C., Zhang F. // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* – 2004. – Vol. 68, № 2. – P. 205–216. **60.** Silicon load and the development of diatoms in three river-lake systems in countries surrounding the Baltic Sea / Noges P., Noges T., Adrian R., Weyhenmeyer G. A. // *Hydrobiologia.* – 2008. – Vol. 599. – P. 67–76. **61.** Tallberg P. Why is soluble silicon in interstitial and lake water samples immobilized by freezing? / P. Tallberg, H. Hartikainen, T. Kairesalo // *Water Res.* – 1997. – Vol. 31, № 1. P. 130–134.

Силіцій у поверхневих водах: джерела надходження, форми знаходження та закономірності міграції

Жежеря Т.П., Линник П.М.

В статті узагальнено літературні дані щодо співіснуючих форм силіцію у поверхневих водоймах і водотоках. Розглянуто поширення силіцію як хімічного елемента у природі, а також джерела надходження його до водних об'єктів. Показано основні абіотичні і біотичні чинники, які впливають на розподіл силіцію між його розчинною і завислою формами.

Ключові слова: силіцій; розчинна форма; зависла форма.

Кремний в поверхностных водах: источники поступления, формы нахождения и закономерности миграции

Жежеря Т.П., Линник П.Н.

В статье обобщены литературные данные относительно сосуществующих форм кремния в поверхностных водоёмах и водотоках. Рассмотрены распространённость кремния как химического элемента в природе, а также источники его поступления в водные объекты. Показаны основные абiotические и биотические факторы, влияющие на распределение кремния между его растворённой и взвешенной формами.

Ключевые слова: кремний; растворённая форма; взвешенная форма.

Silicon in surface waters: its sources, speciation and regularities of migration

Zhezherya T.P., Linnik P.N.

In this article the literature data with regard to coexisting forms of silicon in the surface water bodies and streams were summarized. The prevalence of silicon as a chemical element in nature, and its sources receipt to surface waters were considered. The main abiotic and biotic factors, which affecting the distribution of silicon between its dissolved and suspended forms were showed.

Keyword: Silicon; dissolved form; suspended form.

Надійшла до редколегії 26.10.2013

Tadeusz Ciupa, Roman Suligowski, Tadeusz Biernat

Університет Яна Кохановського в Кельцах (Польща)

THE CONDITIONS FOR THE LOCATION OF SMALL WATER RETENTION RESERVOIRS IN ŚWIĘTOKRZYSKIE MOUNTAINS (POLAND)

Keywords: *water reservoir, small retention, Świętokrzyskie Mountains*

Introduction. Small retention covers the system of techniques aimed at improving hydrographic conditions in a catchment, which consists of the lengthening of the time and way of water and wastewater circulation (Kowalczak 2002). There are included natural as well as technical forms of water retention. The natural ones are: landscaping in the catchment (change in land utilization e.g. forestation, proper spatial arrangement and types of development forms), an increase in soil retention and reduction of erosion (proper slope shaping, agrotechnical measures, introducing durable protection vegetation, proper utilization of drainage systems), preservation and revitalization of hydrogenic habitats (swamps, moors and marshes). The technical forms of retention are basically limited to valleys and river beds. They include, most of all, water reservoirs of different sizes and purposes (ponds, field agricultural reservoirs, fire water reservoirs, oxbow lakes, moats, clay pits) and installations, which enable water level adjustment (weirs, gates, barrages) as well as flood polders, inter-dike areas, canal and trench system connecting the main river with oxbow lakes, properly functioning drainage systems.

As far as the availability of water resources is concerned, Świętokrzyskie Voivodeship is one of the poorest in the country (3.6%) (Suligowski et al., 2009). It is, therefore, indispensable to undertake the activities aiming at their increase, what would be profitable from the natural and economic points of view. Its result will be i.a. an increase in area humidity, the growth of groundwater level, the mitigation of extreme occurrences, including floods and droughts, or the reduction of their effects. Such a situation would favour the improvement of groundwater purity and the possibility of its utilization for agricultural melioration as well. An unquestionable effect would also be the significant development of tourism and recreation in the analyzed area.

The aim of the elaboration is to show the selected natural and anthropogenic conditions, which determine the location of small water reservoirs in Świętokrzyskie Mountains.

Water reservoirs in Świętokrzyskie Mountains – existing and planned.

Świętokrzyskie Mountains are a physiographic mesoregion of the area of 1680 km² drained by Nida, Kamienna, Czarna and Koprzywianka and partly by Opatówka (Fig.1). The analyzed area is entirely located in Świętokrzyskie Voivodeship, within 29 municipalities.

The natural environment of Świętokrzyskie Mountains did not favour the emergence of bigger, natural reservoirs (>1 ha), whereas it is suitable for the location of artificial hydrographic objects. It is a result of favourable conditions of climatic water balance as well as convenient lithological and morphological river beds. An additional argument for building water reservoirs, especially at forest boundaries, including the preserved ones, is here the centrifugal layout of river network, whose waters in the upper parts are characterized by high purity and its quality deteriorates downstream. It is nowadays that Świętokrzyskie Mountains are distinguishable against the voivodeship

with their bigger groundwater resources accumulated in reservoirs, and in the following years their further increase is planned.

The inventory of the objects within the scope of water retention reservoirs and pondages, done on the basis of the Small Water Retention Program for Świętokrzyskie Voivodeship (2006), based on the analysis of the issued water rights licenses for respective objects as well as the information gathered in each municipality indicated, that within Świętokrzyskie Mountains there are 17 small retention reservoirs (>1 ha) of the total area 798 ha and the capacity of 48 000 m³, and 14 pondages of the total area of 31 ha and the capacity of 19 000 m³. The greatest number of the existing reservoirs are located in Nida catchment (17) (Fig. 1). There are also here the largest objects (>10 ha): in Borków, Cedzyna, Suków-Piaskownia, Wilków, Umer and Kielce (Kielce reservoir). A few more has an area from 2 to 10 ha. In Kamienna catchment there are 6 water reservoirs (>1 ha), Czarna and Koprzywnianka catchments 4 in each.

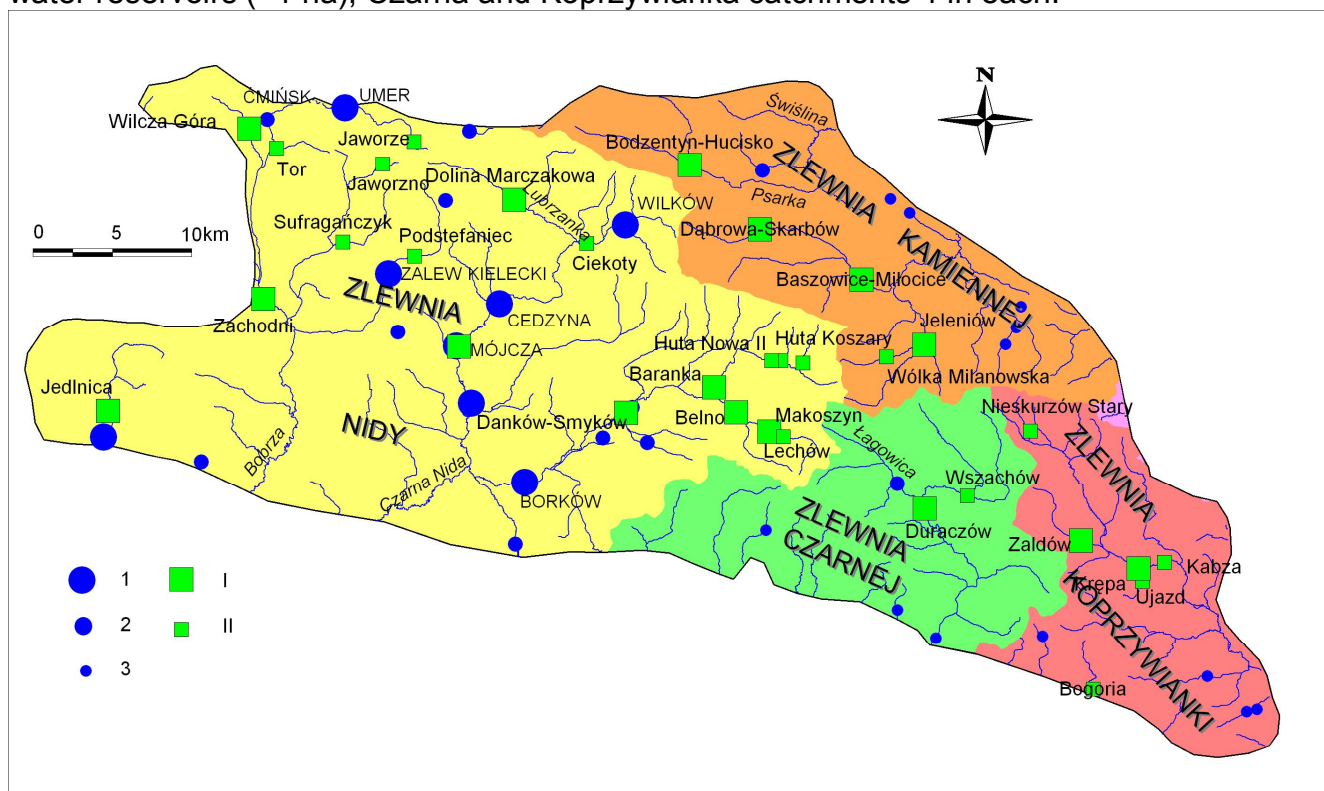


Fig. 1. Existing water reservoirs (1 – above 10 ha, 2 – from 2 to 10 ha, 3 – below 2 ha) and planned (I – above 10 ha, II – below 10 ha) against Świętokrzyskie Mountains catchments.

In Świętokrzyskie Mountains there are plans for creation (by 2020) of 32 water reservoirs of the area of at least 1 ha. Most of the discussed objects are designed for retention and recreation, although there are also planned reservoirs of complex functions such as: flood control, power engineering (MEW), angling.

Most of the objects are to be created in Nida catchment (19) and the least in Czarna Staszowska catchment – 2. Considering the dimensions a designed reservoir in Mójcza stands out (Lubrzanka catchment), whose area is supposed to be 130 ha and effective capacity over 3 mln m³.

There have been proposed relative measures in the form of the ratios specifying total effective (W_{vu}) and flood capacities (W_{vp}) of the planned reservoirs in relation to the individual areas of the catchments (10³ m³ /km²). The highest values of both ratios within Świętokrzyskie Mountains are characteristic of Kamienna catchment ($W_{vu} = 11,8$ and $W_{vp} = 4,6$) (Fig. 2). The ratio for the total flood capacity W_{vp} in Kamienna catchment

is four times higher than a similar ratio in Nida catchment, which indicates greater planning possibilities and at the same time the need for flood water retention.

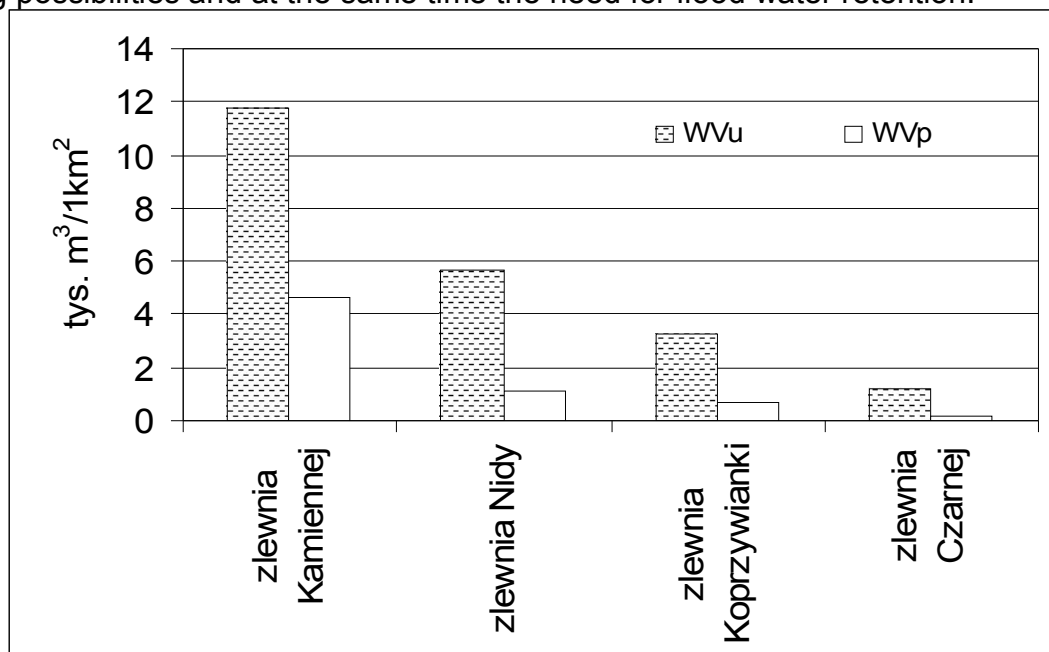


Fig. 2. The ratios for the total effective (W_{vu}) and flood capacities (W_{vp}) of the planned water reservoirs in Świętokrzyskie Mountains catchments.

The conditions of the location and functioning of the reservoirs. The location of small retention objects is connected with two groups of factors: natural and anthropogenic. The former group includes the lithological features of soil (including i.a. ground permeability and hydrogeological conditions), morphological features (i.a. slope inclination and river network density), components of climate (especially atmospheric supply and evaporation). Among the factors determined by human activity, there are utilization including the structure of permanent crops and land development components, which influence the circulation dynamics and quality of waters.

In the discussed area there are distinguished geological structures and formations, which belong to the paleozoic stem group and form anticlines and synclines. The result is the occurrence of a number of inselberg ranges, separated by broad and flat plains, filled with quaternary formations. In the areas, where weakly permeable layers are comparatively shallow in the ground whereas the surface of groundwater crosses the ground surface, and in the places where groundwater drainage is difficult, there are areas predisposed to water accumulation and retention. They are formed into numerous wetlands and swamps.

The permeability of the ground in the discussed area determined on the basis of lithological features of surface formations, indicates the predominance of weak or medium permeability. The slopes in the eastern part of Świętokrzyskie Mountains are covered largely with loess patches, which are characterized by differentiated permeability. Considerable terrain slopes in Świętokrzyskie Mountains are reflected by the slopes and large density of streams. In the middle (uppermost) part of the area their source segments are parallel, not side charged, and the network system is forked. In many cases their slopes exceed even 100 per mils, reaching an average of over 10, what classifies it as a typical upland river. At the feet of the heights the watercourses flow in broad valleys with flat channeled bottoms. These morphometric features of the valleys (predominantly in pre-gorge segments) favour water retention in artificial

reservoirs. At long sections the river valleys in Koprzywnianka catchment are deep (up to 60 m) and has been formed in the loess cover.

The areas practically waterless (in Old Paleozoic formations) of the efficiency of 0-2 m³/h cover 51% of Świętokrzyskie Mountains area (Fig. 3). These areas are also characterized by particularly fast groundwater flow, especially in storm precipitation periods, what causes water privation in the area. This is the reason for the necessity of undertaking the activities, which on the one hand should reduce the effects of a flood, and on the other hand fill the needs for fish ponds and green vegetation irrigation. There is planned the location of a few water reservoirs in the region for this purpose.

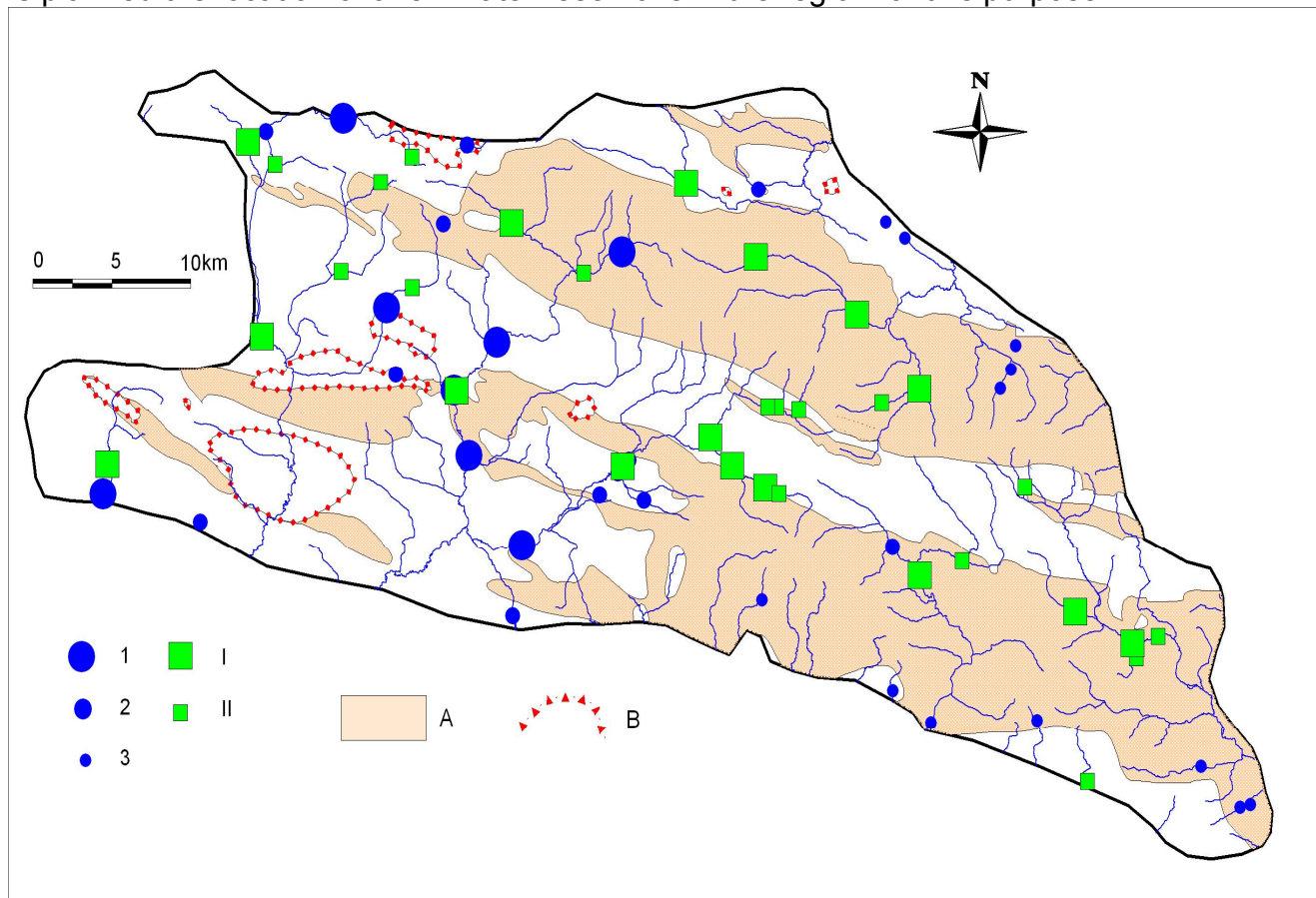


Fig. 3. Existing water reservoirs (1 – above 10 ha, 2 – from 2 to 10 ha, 3 – below 2 ha) and planned (I – above 10 ha, II – below 10 ha) against the areas of potential efficiency of a typical well-hole from 0 to 2 m³/h (A) and the ranges of depression cones (B).

In the remaining area, the hydrogeological conditions are more differentiated, the efficiency is from 2 to 30, and locally up to 120 m³/h, mainly within the quaternary multiaquifer formation. The lack in abundance of underground water reservoirs and a very variable water efficiency is the reason for the need to seek the solutions, taking into account different methods of retention.

An essential component, besides morphological and hydrogeological conditions, indicating the possibility of the location of small retention objects are climatic conditions, especially the quantity of feeding in the form of precipitation and the loss in evaporation.

In the distribution of annual total precipitation in Świętokrzyskie Mountains clear relation between amount of precipitation and hypsometry can be observed. The highest precipitation is recorded at the uppermost weather station – Święty Krzyż, with the mean annual precipitation in the years 1961-1990 of 822 mm. The stations on the south-eastern side of the Main Range (Łysogóry) located in its “shade”, in relation to the

inflow of rain-bearing masses of air, receive far less of total precipitation, the example here is Daleszyce meteorological station (589 mm) (Suligowski et al. 2009). At the other precipitation stations in the region total annual precipitation is within 650-800 mm. In the annual course of precipitation there definitely prevail summer season precipitation (V-X). They are about 65% of total annual. Maximum precipitation occurs at most stations in July.

A characteristic feature in the process of precipitation in Świętokrzyskie Mountains is a high rate of participation in the solid form. It is over 2% higher in comparison with the adjacent areas. The individuality of the pattern of precipitation in Świętokrzyskie Mountains and its peripheries in relation to the remaining part of the voivodeship is also indicated by the snowing ratio. Calculated for the weather station Kielce (the relation of precipitation in the form of snow to total precipitation) is 18%, in relation to Sandomierz station 14% and Radom 14% (Biernat 1992).

The conditions for evaporation and shortages in precipitation in the area of Świętokrzyskie Mountains have been analyzed on the basis of the climatic water balance (the difference between total precipitation in a particular period and potential evaporation). Potential evaporation in vegetative season (IV-X) is from 630 mm in the north to 720 mm in the south-eastern part of the analyzed area (Fig. 4).

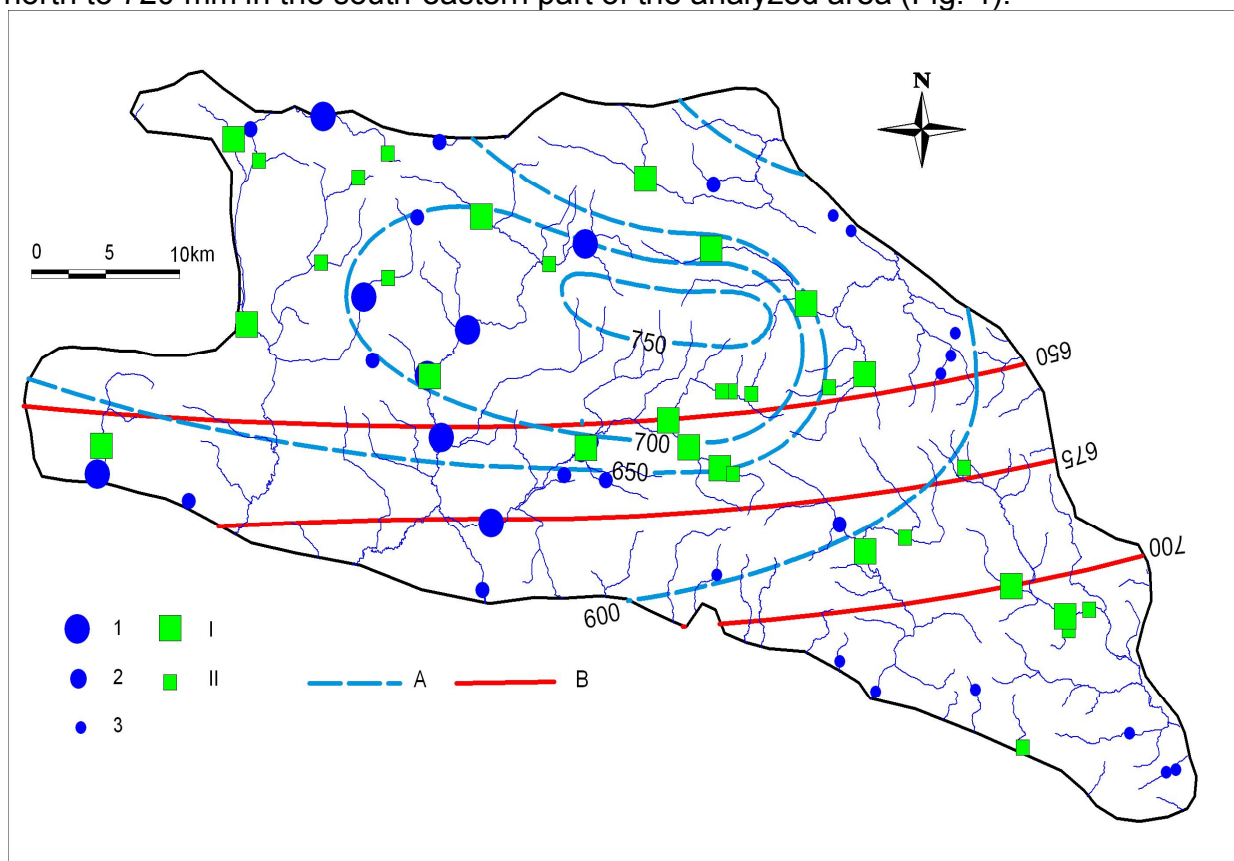


Fig. 4. Existing water reservoirs (1 – above 10 ha, 2 – from 2 to 10 ha, 3 – below 2 ha) and planned (I – above 10 ha, II – below 10 ha) against of isohyets (year) and isotimes (summer period).

The positive values of the balance occur only in the west and central parts of Świętokrzyskie Mountains, and negative in the remaining area. In the south-eastern part of the mountains the deficiency of precipitation in relation to evaporation possibilities exceeds 250 mm.

Designing a water reservoir charged by stream water demands the acquaintance of hydrologic characteristics. The water abundance of Świętokrzyskie Mountains catchment has been defined by the mean annual value of individual discharge. Within the catchment it shows large diversity. By the highest values in the period 1961-2000 are characterized the catchments, which drain Łysogóry (Belnianka to the range in Daleszyce – $7,7 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$) and the western part of Świętokrzyskie Mountains (Lubrzanka – $6,4 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$, Bobrza $6,1 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$). Koprzywnianka and Łagowica catchments are poor in water, where mean individual discharges do not exceed $4,5 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$. In Koprzywnica catchment up to Klimontów mean annual individual discharge is only $q = 3,7 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ and thus refers to mean values of the characteristics of the Polish low.

Essentials features of river discharge are represented well by characteristic individual discharges. In the period of the highest floods, individual discharges reached $WWq = 442 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ in Belnianka catchment and over $300 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ in Koprzywnianka (up to Klimontów), Lubrzanka and Bobrza catchments. They indicate the high dynamics of surface runoff, resulting from the location of the upper parts of the catchment in the area of the highest ranges in Świętokrzyskie Mountains, due to which their reaction for heavy precipitation is similar to the reaction of mountain catchments. An atypical example is Koprzywnianka catchment discharge. Very high WWq values are accompanied by the highest minimal discharges in the region NNq ($0,14 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$). Koprzywnianka flows from the northern slopes of Jeleniowskie Range and initially flows through the area of diversified geomorphology. The particular character of the discharge of this river is influenced by the subsoil. Large part of the catchment consists of loess layers of high thickness. A dense network of seasonal and irregular steams was formed within the layers. Due to heavy precipitation, abrupt runoff along the slopes of large inclination takes place. In after-drought periods, due to the low location of groundwater surface, the underground charge of the river bed is small.

Within Świętokrzyskie Mountains there is a clear diversity of mean monthly values of individual discharge. The biggest values are in March ($q_{\max} = 14,7 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ – in Belnianka, in small catchments, e.g. Jaślana they exceed $16 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$), and the smallest are in September ($q_{\min} = 1,7 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ – in Koprzywnianka up to Klimontów). In the catchments of the discussed area the extremely high values of individual discharge exceed $200 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ in July.

In Świętokrzyskie Mountains, the areas embraced with various forms of nature preservation (i.a. 1 national park, 5 landscape parks, 4 areas of protected landscape, several nature and landscape complexes and a few dozens of ecological arable lands) occupy 90.5% of the area. Therefore, a significant number of existing and planned retention reservoirs is within their range. They need particularly rational rules of management and special treatment in plans for the changes made there.

In Świętokrzyskie National Park there are no water reservoirs of the area 1 ha, while in the buffer zone there are two retention reservoirs: Wilków on Święta Katarzyna effluent, and on Sieradowianka river (near Tarczek), and there are 8 in perspective of creation or modernization, in landscape parks and their buffer zones (partly corresponding to the areas of protected areas – 19, and in the unprotected areas – 5 objects (Fig. 5). It is worth noticing, that for the designed or modernized water reservoirs, there should be made detailed reports of their influence over the protected area. These assessments should indicate the legitimacy of building objects in this area, taking into account the restrictions established in the nature protection act for the mentioned forms of nature protection.

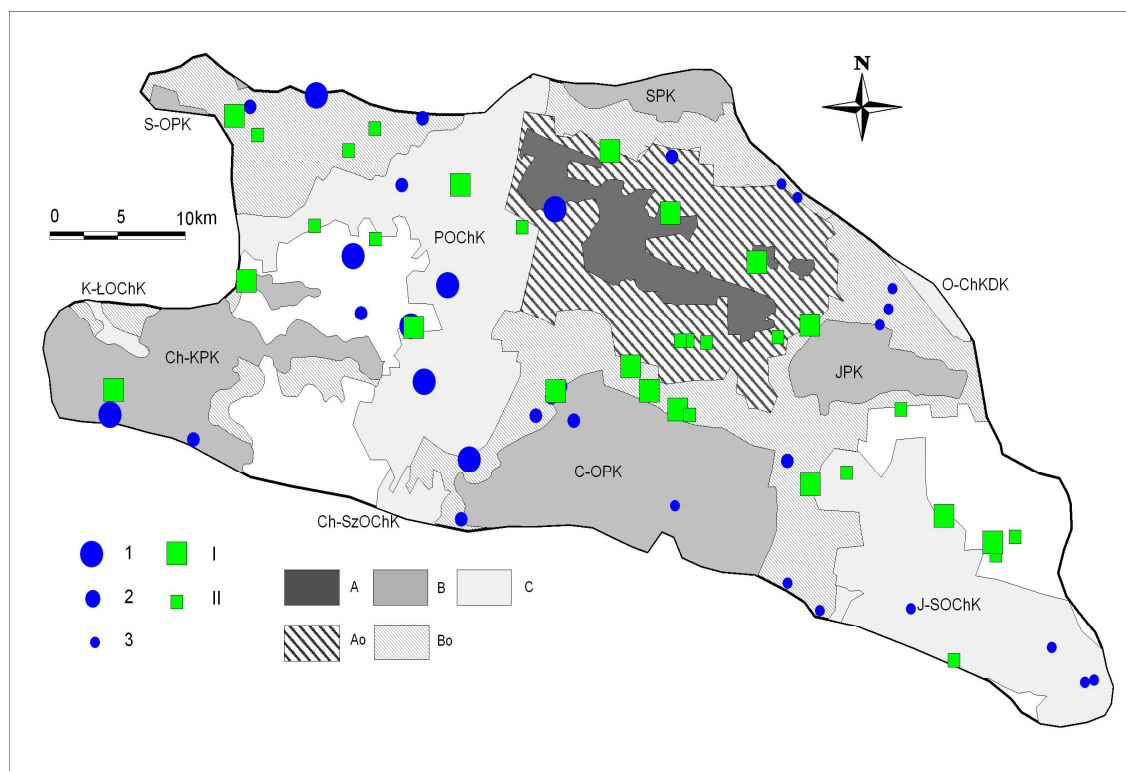


Fig. 5. Existing water reservoirs (1 - above 10 ha, 2 - from 2 to 10 ha, 3 – below 2ha) and planned (I - above 10 ha, II - below 10 ha) against the geographical range of nature protection forms (A – ŚNP; A₀ – ŚNP buffer zone; B – landscape parks: Ch-KPK – Chęciński-Kielecki, S-OPK – Suchedniowski-Oblegorski, SPK – Sieradowicki, JPK – Jeleniowski, C-OPK – Cisowsko-Orłowski; B₀ – landscape park buffer zone; C – areas of protected landscape: J-SOChK – Jeleniowski-Staszowski, Ch-SzOChK – Chmielnicko-Szydłowski, K-ŁOChK – Konecko-Łopuszański, POChK – Podkielecki, OChKDK – Doliny Kamiennej).

One of the most important threats to the reservoirs results from their charge with relatively low quality waters. It is particularly noticeable in the agricultural catchment of Koprzywnianka, where the erection of several water reservoirs is planned, and currently low quality of river waters (3rd class of purity) indicates the threats for their recreational function. The centrifugal layout of rivers discharging the forest areas of central part of Świętokrzyskie Mountains favours the suggested location of the reservoirs (Fig. 6).

On Bobrza river, below the urbanized area of Kielce and its suburban zone, carrying the waters of low quality (sewage discharge from storm water drainage and treatment plants) no water reservoirs locations are planned.

Summary. The preferred trend as far as small retention in Świętokrzyskie Mountains is concerned, should be building and rebuilding of dams and weirs, especially in the locations where terrain conditions make it possible.

The structure of water balance in many areas of the discussed region is unfavourable. In the central part there is comparatively high precipitation (and accumulation of precipitation in the form of snow covering), diversified land forms with significant slope inclination covered with detritus, low permeability of the deeper soil layer. They affect the predominance of surface discharge over underground one, as well as significant contribution of melting discharge in annual discharge, which result in high flood waves. The situation indicates the necessity of the development all forms of water retention, restriction of direct discharge in favour of underground one. Furthermore, over long sections there are, narrow and deeply cut into the subsoil, river valleys favourable for interception with damming structures.

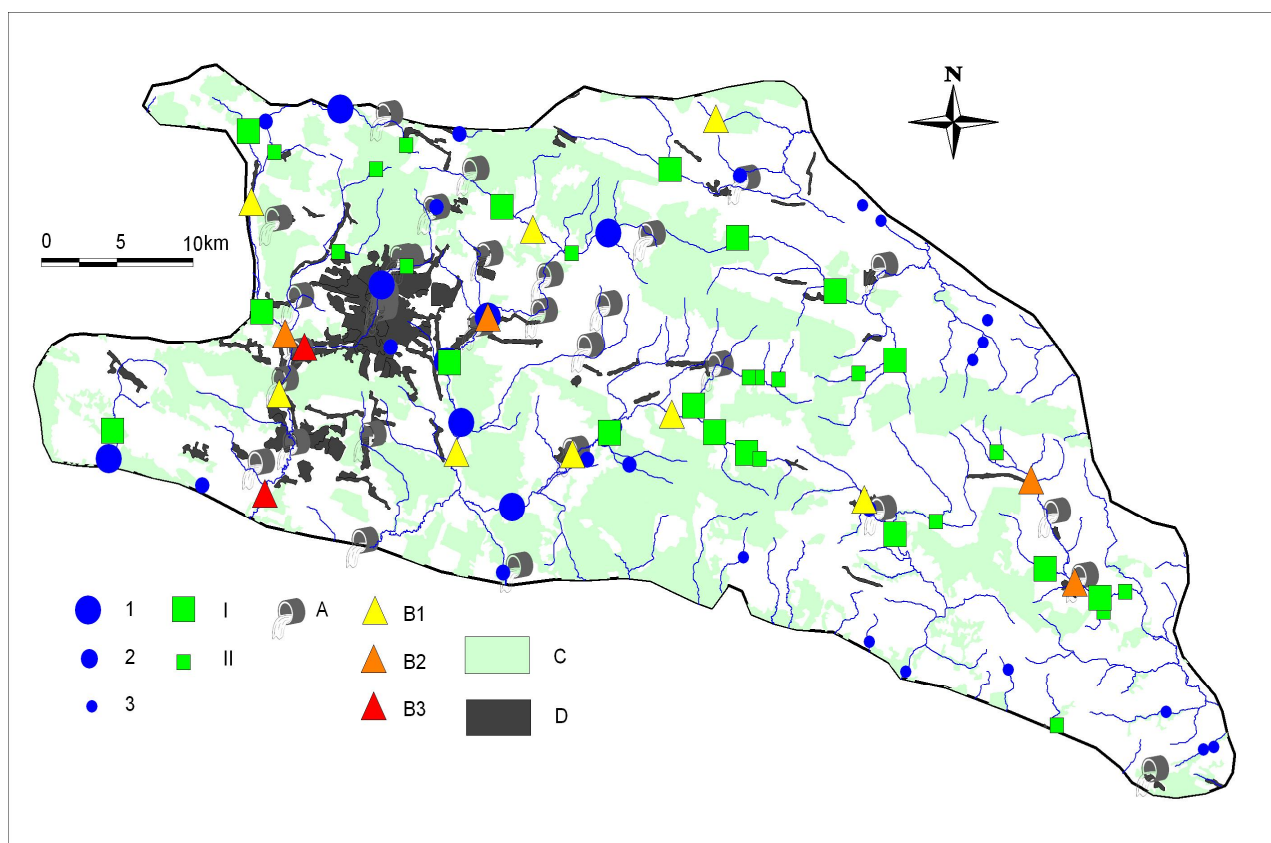


Fig. 6. Existing water reservoirs (1 - above 10 ha, 2 - from 2 to 10 ha, 3 – below 2ha) and planned (I - above 10 ha, II - below 10 ha), sewage discharge locations (A) state of purity of river waters in WIOS cross section measurements (B) against forest complexes (C) and urbanized areas (D).

On the other hand, the location of small retention reservoirs is desirable in the areas of the poorest water resources due to climatic conditions (Koprzywianka and Czarna Staszowska catchments). The deficiency in precipitation in comparison to potential evaporation exceeds here over 200 mm a year. Periodic water shortages do not make it possible to fulfill economic needs or maintain good ecological condition of surface waters. What is more, the loess layer in the eastern part of Świętokrzyskie Mountains in the conditions of moderate atmospheric charge makes a layer favouring infiltration, but hardly drainable.

The factor in favour of the development of small retention forms is also economic activity connected with open pit exploitation of rock materials. The remains in the form of excavation often make good conditions for water retention. It is confirmed by the existence in the analyzed area of many small retention object located in quarries, sandpits or gravel pits). On the other hand, open pit mining (alongside the excessive exploitation of underground waters) contributed to the creation of drainages and depression cones.

The factor restricting the possibility of a free location of small retention water reservoirs in Świętokrzyskie Mountains is a large contribution of protected areas. There is a conflict between natural environment protection duties in these areas and the influence of potential water reservoirs on the environment and later water management. In such situations, it is necessary to define particularly rational rules of management.

Most of the existing and planned water reservoirs in the area of Świętokrzyskie Mountains play, apart from retention, a recreational role. Particularly important here is the quality of waters charging the reservoir, which is nevertheless, unsatisfactory in many watercourses, and hereby restricting the tourist allocation of the mentioned objects.

Bibliography

1. Biernat T., 1992, Akumulacja śnieżna na obszarach zlewni w regionie świętokrzyskim. W: Wybrane zagadnienia gospodarki wodnej w systemie zlewni województwa kieleckiego. Wyd. KTN, Kielce. 2. Kondracki J., 2002, Geografia regionalna Polski. PWN Warszawa. 3. Kowalczak P., 2002, Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji dla województwa zachodniopomorskiego. IMGW Warszawa. 4. Suligowski R., Kupczyk E., Kasprzyk A., Koślacz R., 2009, Woda w środowisku przyrodniczym województwa świętokrzyskiego. Instytut Geografii UJK, Kielce

The conditions for the location of small water retention reservoirs in Świętokrzyskie Mountains (Poland)

Tadeusz Ciupa, Roman Suligowski, Tadeusz Biernat

The aim of the elaboration is to show the selected natural and anthropogenic conditions, which determine the location of small water reservoirs in Świętokrzyskie Mountains. Świętokrzyskie Mountains are a physiographic mesoregion in the area of 1680 km² drained by Nida, Kamienna, Czarna and Koprzywianka. The analyzed area is entirely located in Świętokrzyskie Voivodeship.

In Świętokrzyskie Mountains there are 31 small water retention reservoirs (>1 ha). Most of them are located in Nida catchment (17). There are plans for creation (by 2020) of 32 water reservoirs of the area of at least 1 ha. Most of the discussed objects are designed for retention and recreation, part – for flood control, power engineering, angling.

There are two groups of factors, which determine the location of small retention objects: natural and anthropogenic ones. The former group includes the lithological features of soil and components of climate. In the latter group, determined by human activity, there are: utilization and land development factors, which influence the circulation dynamics and quality of waters.

Keywords: water reservoir, small retention, Świętokrzyskie Mountains.

Умови розташування малих водосховищ в Свєнтокшинських Горах (Польща)

Тадеуш Цюпа, Роман Суліговські, Тадеуш Бєрнат

Мета розробки – дослідити природні і антропогенні чинники, які визначають розташування малих водних резервуарів в Свєнтокшиських Горах - фізико-географічному мезорегіоні площею 1680 км², який дрєнується річковими системами Нїди, Камєнної, Чорної та Конжив'янки. Тут є 31 мале водосховище площею понад 1 га. До 2020 року планується побудувати ще 32 водосховища. Більшість з них є регуляторами стоку, мають гідроелектростанції. Серед природних чинників функціонування водосховищ є літологічний склад порід та клімат. Серед антропогенних виділяються характер забудови території та наявність промислових та побутових відходів. Обидва фактори визначають динаміку кругообігу та якість води.

Ключові слова: водосховище, малі резервуари, Свєнтокшиські гори.

Условия размещения малых водохранилищ в Свєнтокшинских Горах (Польша)

Тадеуш Цюпа, Роман Сулиговски, Тадеуш Бернат

Цель разработки - исследовать природные и антропогенные факторы, которые определяют расположение малых водных резервуаров в Свєнтокшиских торах - физико-географическом мезорегионе площадью 1680 км², который дренируется речными системами Ниды, Каменной, Черной и Конживьянки. Здесь есть 31 малое водохранилище площадью более 1 га. К 2020 году планируется построить еще 32 водохранилища. Большинство из них являются регуляторами стока, имеют гидроэлектростанции. Среди природных факторов функционирования водохранилищ литологический состав пород и климат. Среди антропогенных выделяются характер застройки территории и наличие промышленных и бытовых отходов. Оба фактора определяют динамику круговорота и качество воды.

Ключевые слова: водохранилище, небольшие резервуары, Свєнтокшиские горы.

Надійшла до редколегії 14.08.2013

УДК 551.49

Ободовський Ю. О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

РУСЛОВІ ПРОЦЕСИ РІЧОК ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ БАСЕЙНУ ТИСИ (В МЕЖАХ УКРАЇНИ)

Ключові слова: руслові процеси, руслоформувальні витрати води, криві залежностей, руслові деформації, стійкість русел

Вступ. Еволюція будь-якого природного русла супроводжується постійною його зміною – деформацією. Деформації річкового русла та заплави відбуваються в результаті поєднання двох протилежних процесів – розмиву русла та акумуляції наносів.

Серед основних чинників, які могли б характеризувати інтенсивність і масштабність прояву руслових деформацій можуть бути зміни рівнів води (H), площ живого перерізу (w), середніх глибини ($h_{\text{сер}}$), ширин (B), середніх швидкостей потоку ($v_{\text{сер}}$) та показників розпластаності русла ($B/h_{\text{сер}}$).

Гідравлічна структура потоку найбільш яскраво виявляє взаємодію з русловими формами і вказаними показниками при проходженні русло формувальних витрат води. При цьому стані водотоку має місце динамічна рівновага гідродинамічної системи “русло-потік” ($\text{ГДС}_{\text{п-р}}$), яка визначає відповідний тип русла. Для оцінки такого стану $\text{ГДС}_{\text{п-р}}$ існує низка критеріїв – параметричних показників стійкості.

Таким чином, взаємодія динамічних показників потоку з певними типами русел обумовлює їхню стійкість, тобто здатність зберігати руслові форми в різних гідравлічних умовах руслоформування. Саме ці особливості такої взаємодії були розглянуті для річок, які знаходяться у верхній, гірській частині водозбору Тиси в межах України. До аналізу були включені активні динамічні показники як-то руслоформувальні витрати води, прояв їх дії у вигляді руслових деформацій та результат цієї взаємодії з руслом – його стійкість.

Оцінка стійкості ділянок річок вказаного водозбору виконувалася за декількома показниками, які мають шкали класифікацій за рівнями якісного і кількісного визначення гідроморфологічного стану при динамічній рівновазі $\text{ГДС}_{\text{п-р}}$.

Матеріали та методи. В 2010 та 2011 роках у складі наукових експедицій були проведені дослідження руслових процесів русел річок на території верхньої частини басейну Тиси. В якості вихідних даних при розрахунках використано: вихідні дані стосовно гідроморфологічних характеристик русел річок Чорної і Білої Тиси, Тиси, Косівської, Шопурки, які розраховані за даними 8 гідрологічних постів (рис.1). Ці матеріали були покладені в основу розрахунків руслоформувальних витрат води і характеру прояву руслових деформацій. Для встановлення показників стійкості русел були обрані репрезентативні ділянки 17 річок вказаної частини басейну (рис.1). Необхідні дані (зйомка поперечних перерізів, оцінка гранулометричного складу алювію, визначення поздовжніх похилів тощо) були зібрані під час проведення експедиційних робіт у 2010 і 2011 роках.

Слід зазначити, що на території верхньої частини басейну Тиси під час експедиційних досліджень було виділено 18 ділянок обстежень (ДО), які позначені кружечками на рис.1.

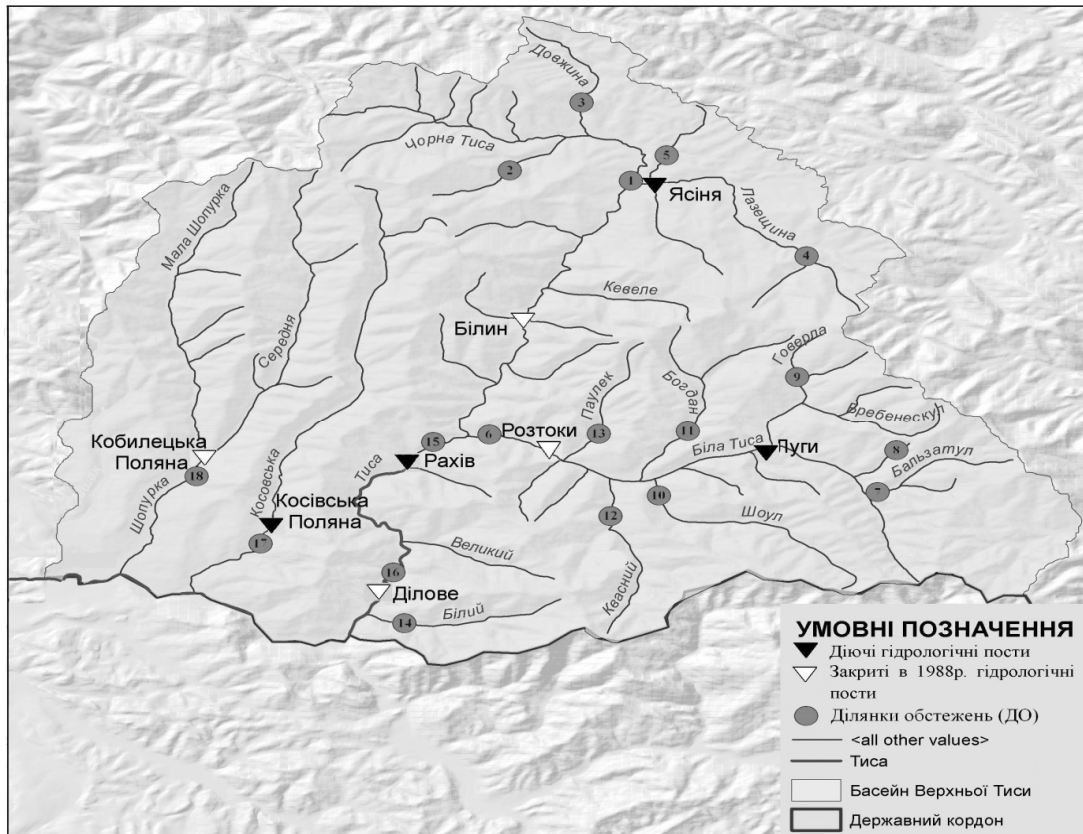


Рис. 1. Розташування гідрологічних постів та ділянок обстежень річок басейну Верхньої Тиси

Для аналізу отриманих результатів застосовані розрахункові методи та графічні побудови. Для цього застосовані методики, які опубліковані в [13, 15].

Методичні положення. Першим етапом комплексної оцінки руслових процесів є розрахунок руслоформувань витрат води.

Руслоформувальна витрата водотоку ($Q_{рф}$) – це така витрата, за якої надлишок енергії потоку витрачається на формування в руслі характерних (типових) гідроморфологічних структур і транзит наносів [14].

Розрахунки вказаних витрат виконанні для існуючих 8 гідрологічних постів (Чорна Тиса – Ясіня, Чорна Тиса – Білін, Біла Тиса – Луги, Біла Тиса – Розтоки, Тиса – Рахів, Тиса – Ділове, Косівська – Косівська Поляна, Шопурка – Кобилецька Поляна), які мають дані багаторічних спостережень.

Розрахунок русло формувань витрат проводиться за рівнянням динамічної рівноваги ГДС_{п-р} (методика ІГІМ – КНУ [13,14]) яке має наступний вигляд:

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

де $\omega_{рф}$ - площа поперечного перерізу водотоку (питома руслоформувальна ємність) при проходженні розрахункової русло формувальної витрати; $h_{рф}$ - середня глибина потоку при руслоформувальній витраті; $Q_{рф}$ - розрахункова руслоформувальна витрата водотоку ($Q_{рф} = h_{рф} \cdot B_{рф} \cdot V_{д-р}$), де $B_{рф}$ – ширина потоку по

вільній поверхні при $Q_{рф}$, як правило, це ширина в брівках; $V_{д.р}$ – середня швидкість потоку при $Q_{рф}$, тобто швидкість течії при динамічній рівновазі ГДС_{п-р}); $\frac{\Delta z}{\Delta l}$ – гідравлічний похил водотоку при квазірівномірному гідравлічному режимі, який як правило, спостерігається при наповненні русла в брівках, тобто при проходженні паводків з витратою $Q_{рф}$; $\frac{\Delta z}{\Delta l} = J \approx i$ (і- похил водотоку при стійкій межені); $\frac{\Delta V_0^2 / 2g}{\Delta l}$ – градієнт питомої кінетичної енергії у створі при проходженні паводків з витратою $Q_{рф}$; f – коефіцієнт гідравлічного опору руслових форм, який змінюється в межах від 1 до 1,3 в залежності від типу русла [40]; $R_{рф} = (h_{рф} B_{рф}) / x_{рф}$ – гідравлічний радіус водотоку найвигідніший в умовах вільного прояву процесів руслоформування при проходженні паводку з витратою $Q_{рф}$; $D_{сер.зв}$ – середньозважений діаметр частинок наносів поверхневого шару ложа русла (шару самовимощення), який дорівнює середньозваженій абсолютній висоті виступів шорсткості ложа русла $D_{сер.зв} = \Delta_{сер.зв}$ [14].

Варто зазначити, що методика ІГМ – КНУ дає можливість визначити руслоформувальні витрати як для рівня bankfull, так і для стану динамічної рівноваги ГДС_{п-р}. При цьому необхідно мати достовірні дані вихідної інформації стосовно гідроморфодинамічних показників, зокрема відповідного визначення шорсткості русла. Шорсткість русла гірських річок, які мають шар само- вимощення дна, визначається крупністю наносів його поверхні під впливом режиму транспортування наносів [15].

Розрахунок русло формувальних витрат також може бути виконаний також за формулою К.В. Гришаніна, яка має наступний вигляд:

$$Q_{рф} = 3,33 h_{рф}^2 (g B_{рф})^{0,5} \quad (2)$$

Варто відмітити, що формула (2) може бути базовою для розрахунку руслоформувальних витрат води для гірських водотоків.

Отримані величини руслоформувальних витрат будуть використані при оцінці умов стійкості русел розглядуваних річок.

Наступним етапом оцінки руслових процесів на річках басейну верхів'їв Тиси є встановлення руслових деформацій. Оцінка гідрологічних показників та гідравлічних і морфометричних зв'язків є важливою складовою аналізу гідрологічного режиму та руслових процесів.

Як правило, зворотні руслові деформації відбуваються при проходженні витрат води і наносів у межах русла. При цьому найбільш характерним є стан русла за умов динамічної рівноваги. Цей стан відповідає, за відсутності незворотних руслових деформацій, проходженню руслоформувальної витрати води в бровках (bankfull) [13].

Для річок даної частини басейну Тиси застосовані підходи, які наведені в роботі [15] і згідно них розглядались залежності, які характеризують основні морфодинамічні параметри водотоків, серед яких є зв'язки між витратою води та характерними рівнями вільної поверхні течії $Q = f(H)$; між витратою та площею поперечного перерізу $Q = f(\omega)$; між витратою і глибиною $Q = f(h_{сер})$; між витратою і шириною русла $Q = f(B)$; між витратою і швидкістю потоку $Q = f(V_{сер})$; між витратою і співвідношенням ширини та глибини $Q = f(B/h_{сер})$.

Слід відмітити, що за допомогою зв'язків між витратою води та характерними рівнями вільної поверхні течії $Q = f(H)$ можна оцінити прояв вертикальних руслових деформацій, а відповідно, зв'язків між витратою та

площею поперечного перерізу $Q = f(\omega)$ та витратою і шириною русла $Q = f(B)$ можна оцінити прояв горизонтальних руслових деформацій.

Опрацьований часовий відрізок спостережень за вказаними параметрами, сягає більше 50 років для чотирьох постів: Тиса – м. Рахів, Чорна Тиса – смт. Ясіня, Біла Тиса Луги, Косівська – Косівська Поляна. З кінця 1950-х років були обрані найбільш багатоводні роки, що мають яскраво виражений паводковий характер. Серед таких 1957, 1962, 1968, 1974, 1980, 1985, 1988, 1992, 1998, 2001 та 2008 роки. А для постів Чорна Тиса – Білин, Біла Тиса – Розтоки, Тиса – Ділове, Шопурка – Кобилецька Поляна був опрацьований більш як 30 річний період (1957, 1962, 1968, 1974, 1980, 1988), тому що пости були закриті в 1988 році.

Для кожної залежності за вказані роки були відібрані морфодинамічні показники для «чистого» потоку, тобто за відсутності льодових явищ та наявності макрофітової рослинності в ньому.

За допомогою отриманих зв'язків можна оцінювати прояви вертикальних і горизонтальних руслових деформацій, які відбуваються на річках водозбору протягом тривалого часу, умови водопостачання і водовідведення, розміщення комунікацій тощо.

На рис.2 (А-Г) нанесена руслонаповнююча витрата води (bankfull) Q_{bankfull} , яка дає можливість прослідкувати умови виходу води на заплаву. Руслонаповнююча витрата води (bankfull) Q_{bankfull} дає можливість оцінити в часі одночасно розвиток як горизонтальних, так і вертикальних руслових деформацій в межах руслових брівок.

Завершальним етапом процесів руслоформування є оцінка стійкості русел річок. Будь-яка річка з часом змінює свої обриси, а тому її загальна стійкість завжди є відносною. Значні зміни морфології русла можуть відбуватися при проходженні катастрофічних паводків на гірських річках. Оскільки катастрофічні паводки проходять досить рідко (для річок даної території – це паводки 1998, 2001, 2006 рр.), то з урахуванням прояву властивостей самоорганізації ГДС_{п-р} цілком правомірно виконувати просторово-часову оцінку загальної стійкості русла [1]. При цьому основною одиницею при проведенні гідроморфологічних досліджень є ділянка обстеження (ДО) [4].

Найбільше практичне значення серед підходів щодо визначення показників стійкості русел отримали [14] ерозійний показник О. Г. Ободовського [11] показник відносної стійкості інваріантності К. В. Гришаніна [5] та ерозійно-морфологічний показник І.Ф. Карасьова [6].

Ерозійний показник непогано зарекомендував себе для рівнинних [15] і гірських річок [12] і визначається за наступною формулою:

$$Lo = \frac{d}{\Delta H_M} \frac{B}{h} A, \quad (3)$$

де d – середньозважений діаметр донних наносів, мм (для гірських річок береться діаметр наносів шару само вимощення $D_{\text{сер.зв}}$); ΔH_M – кілометричне падіння водної поверхні м; B – середня ширина русла, м; h – середня глибина потоку, м; A – коефіцієнт ерозії, який характеризує зональність річкових басейнів за ступенем еродованості ґрунтів. Для гальки з гравієм він має осереднене значення $A = 0,03$. Вираз (3) містить у своїй структурі не лише параметр, який характеризує умови транспортування наносів, а й показник форми русла, що робить його більш чутливим до оцінки стійкості. А введення в цей комплекс ерозійного коефіцієнта відображає умови прояву ерозійних процесів на водозборі [11].

На сьогоднішній день одним з найбільш теоретично обґрунтованим є показник відносної інваріантності К. В. Гришаніна [5].

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

$$M_x = \frac{h_{p\phi} (gB_{p\phi})^{0,25}}{Q_{p\phi}^{0,5}} = const, \quad (4)$$

Для умов динамічної рівноваги ділянки гірської річки цей показник близький до середнього значення 0,54 межі змін цього показника для умов оптимального функціонування рівних річок дорівнюють $0,75 < M_x < 1,05$, а для гірських річок – від 0,45 до 0,64 відповідають прояву властивостей самоорганізації ГДС п-р, а це свідчить про те, що при $M_x < 0,45$ транспортувальна здатність потоку буде підвищена, що може призвести до розмиву руслової улоговини на ділянці річки. При $M_x > 0,64$ потік буде мати недостатню потужність для транспортування наносів.

Третім достатньо високоінформативним показником оцінки стійкості русел, в плані визначення типу структурних макроформ, є показник І.Ф. Карасьова [2, 6]

$$K_e = (\lambda)^{0,5} \frac{B}{h}, \quad (5)$$

де λ - коефіцієнт гідравлічного тертя, який дорівнює співвідношенню сил гравітації та сил інерції водних мас $\lambda = 1 / Fr (Fr = V^2 / gh$ – число Фруда).

Варто зазначити, що показник $K_e > 9$ відповідає гідравлічній нестійкості; при $K_e < 4,5$ – відрив струмин потоку на крутих звивинах русла від його берегів в умовах формування розгалужень; в межах $4,5 < K_e < 9$ – меандруюче русло при відсутності дії обмежувального фактору.

Слід також відмітити, що всі вищенаведені методичні аспекти були апробовані на річках Лімниця і Латориця і дали об'єктивні оціночні результати [13, 15].

Результати досліджень. Як вже було сказано, першим кроком наших досліджень були розрахунки величин руслоформувальних витрат води. Користуючись матеріалами багаторічних спостережень на мережі Гідрометслужби України, зокрема для 8 гідрологічних постів на річках басейну Верхньої Тиси, були обчислені максимальні витрати води м³/с паводків при різних забезпеченостях (табл. 1) та русло формувальні витрати за розрахунковими формулами (1–3), які наведені в табл. 2. І виконаний порівняльний аналіз цих таблиць.

Аналіз табл. 1 дозволив виявити чітку закономірність, яка засвідчує, що найбільші абсолютні витрати води 1% забезпеченості характерні для річок з найбільшими площами водозборів (р. Тиса – Рахів, р. Тиса - Ділове), а найменші, відповідно для високогірних районів даного басейну (р. Косівська – Косівська Поляна) (табл. 1).

Таблиця 1. Максимальні витрати води м³/с паводків при різних забезпеченостях для річок верхньої частини басейну Тиси

Річка - гідропост	Забезпеченість (%)			
	0,1	1	5	10
р. Чорна Тиса - Ясіня	280	180	121	99
р. Чорна Тиса - Білин	816	533	370	305
р. Біла Тиса - Луги	224	150	97	77
р. Біла Тиса - Розтоки	679	472	326	261
р. Тиса - Рахів	1609	1077	718	556
р. Тиса - Ділове	1464	1012	696	557
р. Косівська – Косівська Поляна	240	161	107	83
р. Шопурка – Кобилецька Поляна	631	411	260	196

Згідно даних табл. 2. прослідковується чітка закономірність, яка свідчить, що відповідні витрати, які отримані за методикою УНіМ – КНУ формула 1 і формулою К.В. Гришаніна (2) майже не відрізняються між собою, що свідчить про адаптованість цих двох показників до гірських річок.

Таблиця 2. Розрахункові величини руслоформувальних витрат визначених за даними гідрологічних постів на річках басейну Верхньої Тиси

Річка - створ на гідрологічному посту	Руслоформуючі витрати, м ³ /с		Максимальні витрати води дощових паводків, м ³ /с (% забезпеченості)	Витрати при Bank-fullstage
	Методика УГІМ - КНУ	Формула Гришаніна		
	динамічна рівновага ГДС _{П-Р}			
Чорна Тиса - Ясіня	213	219	180 (1)	30
Чорна Тиса - Білин	173	246	235 (20)	70
Біла Тиса - Луги	136	195	150(1)	50
Біла Тиса - Розтоки	164	134	155(30)	30
Тиса - Рахів	423	322	404 (20)	80
Тиса - Ділове	589	474	557 (10)	160
Косівська – Косівська Поляна	76	79	83 (10)	80
Шопурка – Кобилецька Поляна	160	124	155 (20)	60

Як видно з табл. 2, ці два показники, які застосовані для розрахунку руслоформувальних витрат води тісно пов'язані з максимальними витратами води паводків. Для гідрологічних постів Чорна Тиса – Ясіня і Біла Тиса - Луги руслоформувальні витрати води наближаються до 1% (табл. 1) забезпеченості максимальних витрат води паводків, що свідчить про вкрай низьку частоту проходження цих витрат для вказаних постів. Що стосується інших 6 гідрологічних постів (Чорна Тиса – Білин, Біла Тиса – Розтоки, Тиса – Рахів, Тиса – Ділове, Косівська – Косівська Поляна, Шопурка – Кобилецька Поляна), то частота проходження руслоформувальних витрат води тут значно вища, що пояснюється 10-30% забезпеченістю проходження максимальних витрат води паводків (табл. 1).

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що руслоформувальні витрати води і максимальні витрати води паводків також пов'язані з рівнем виходу води на заплаву bankfull, але зазвичай останні є нижчими. Це можна пояснити тим, що розрахункові русло формувальні витрати – це витрати, які близькі до максимальних. Між тим, за наявності достатньо вузьких заплав або навіть їх відсутності, транспортувальна здатність потоку майже не «відчуває» «кінематичного ефекту»[3]. Її максимальні значення здебільшого відповідають максимальним витратам (див. табл.1- 2).

На завершення необхідно відмітити, що для оцінки руслоформувальних витрат для гірських річок найбільш практично застосованою може бути методика ІГІМ – КНУ (табл. 2), яка по-суті і розроблялась для Карпатських річок. Але оскільки кореляційний зв'язок між формулою (1) і формулою (2) (табл.2) дорівнює 0,91, то для перевірки розрахунків для умов стійкості річок басейну Верхньої Тиси можна застосовувати також формулу К.В. Гришаніна.

Наступним етапом оцінки процесів руслоформування є визначення деформацій русла річки за допомогою зв'язків між основними морфодинамічними параметрами русел деяких річок басейну.

Поверхня заплави, як правило, характеризується вкрай неоднорідною шорсткістю, шириною, висотою затоплення, гідравлічними умовами (швидкості, витрати і направленість заплавного потоку, похили, площі поперечного перерізу та ін.), ступенем інтенсивності господарської діяльності та може суттєво змінювати характер і спрямованість таких переформувань [15].

Крім того, витрата, за якої проводилась оцінка деформацій русел, відповідала руслонаповнювальній витраті (*bankfull*), тобто стану, коли паводковий потік проходить в руслі в межах руслових брівок [7].

У результаті аналізу виконаних побудов, і зв'язків між основними гідроморфодинамічними параметрами русел були отримані зміни всіх досліджуваних параметрів для кожного розрахункового гідрологічного поста. Усього було побудовано більше 370 кривих зв'язків для вищезгаданих постів. У якості приклада на рис. 2 наведені суміщені криві для річок верхньої частини басейну Тиси: а) $Q=f(H)$ для р. Чорна Тиса – Ясіня; б) $Q=f(B)$ для р. Тиса – Рахів; в) $Q=f(B/h)$ для р. Чорна Тиса – Білин; г) $Q=f(h)$ для р. Біла Тиса – Розтоки. Це дало змогу встановити загальне уявлення про руслові деформації для річок досліджуваного басейну (табл. 3) рис. 2 (А-Г).

За даними табл. 3 на основі кривих залежностей, річки басейну Тиси можна розділити на два види.

Перший вид складають ті річки, в яких верхньої частини не відбуваються значних змін (деформацій) в руслі завдяки антропогенному втручання (пучки кривих залежностей мають розсіяний характер). До першого виду можна віднести такі річки (за даними гідропостів): Біла Тиса – Луги; Косівська – Косівська Поляна, Тиса – Ділове, Чорна Тиса – Білин, Шопурка – Кобилецька Поляна. Щільність розташування кривих для основних морфодинамічних параметрів русла свідчить про певну сталість процесів, які відбуваються в руслах цих річок. Першопричиною є стійкі морфологічні умови, а антропогенний вплив на ці водотоки теж незначний, про що свідчить слабе розсіювання кривих залежностей (див. табл. 3, рис.2 (А-Г)).

Щодо другого виду кривих, в якому відбуваються досить суттєві зміни (деформації) в руслі, то до нього можна віднести такі річки (за даними гідропостів): Біла Тиса – Розтоки, Чорна Тиса – Ясіня, Тиса – Рахів (табл. 3, рис.2 (А-Г)). Розсіяність пучків кривих залежностей для основних морфодинамічних параметрів русла свідчать як природні умови їх руслоформування, так і значний антропогенний вплив на річки, а саме будівництво гідротехнічних споруд, мостів, ліній електропередач та інше.

Завдяки вищенаведеним чинникам та проходженню трьох катастрофічних паводків у 1998, 2001, 2008 роках в басейні відбулися певні часові зміни самих кривих та, як наслідок, морфодинамічних параметрів русла (див. табл. 3). Так, для річки Біла Тиса за даними гідропоста Луги прослідковується чітка тенденція до зростання показника середньої глибини потоку $Q = f(h_{\text{сеп}})$ і зменшення показника розпластаності потоку $Q = f(B/h_{\text{сеп}})$ в 1998, 2001, 2008 рр.

Для річки Біла Тиса за даними гідропосту Розтоки прослідковується значне відхилення кривих для показника розпластаності потоку $Q = f(B/h_{\text{сеп}})$ в період 1957, 1962 рр., що пояснюється значним антропогенним навантаженням на річку.

Таблиця 3. Результати оцінки зв'язків між основними морфодинамічними параметрами русел деяких річок басейну Верхньої Тиси

Річка - пункт	Період спостережень	Q_{pn} (bankfull, m^3/c)	Δ_{max}	Δ_{max} за рік	$\Delta_{сер}$ за рік
1	2	3	4	5	6
$Q = f(H) (cm)$					
Чорна Тиса - Ясіня	1956-2010	30	-82	-1,61	-0,58
Чорна Тиса - Білин	1946-1988	70	24	0,77	0,14
Біла Тиса - Луги	1955-2010	50	-45	-0,88	-0,42
Біла Тиса - Розтоки	1955-1988	30	21	0,68	0,06
Тиса - Рахів	1946-2010	80	-109	-2,14	-0,82
Тиса - Ділове	1945-1988	160	45	1,73	0,67
Косівська – Косівська Поляна	1963-2010	80	-79	-1,98	-0,87
Шопурка – Кобилецька Поляна	1954-2010	60	-28	-0,90	-0,14
$Q = f(\omega) (m^2)$					
Чорна Тиса - Ясіня	1956-2010	30	7,0	0,14	0,05
Чорна Тиса - Білин	1946-1988	70	-8,8	-0,28	-0,11
Біла Тиса - Луги	1955-2010	50	9,3	0,18	0,10
Біла Тиса - Розтоки	1955-1988	30	-5,2	-0,17	-0,05
Тиса - Рахів	1946-2010	80	-6,5	-0,13	-0,03
Тиса - Ділове	1945-1988	160	11	0,42	0,23
Косівська – Косівська Поляна	1963-2010	80	7,9	-0,03	0,06
Шопурка – Кобилецька Поляна	1954-2010	60	2,8	0,09	0,04
$Q = f(v_{сер})(m/c)$					
Чорна Тиса - Ясіня	1956-2010	30	0,29	0,01	≈ 0
Чорна Тиса - Білин	1946-1988	70	0,22	0,01	0,003
Біла Тиса - Луги	1955-2010	50	0,53	0,01	-0,001
Біла Тиса - Розтоки	1955-1988	30	0,38	0,01	0,002
Тиса - Рахів	1946-2010	80	0,15	0,003	0,001
Тиса - Ділове	1945-1988	160	-0,35	-0,01	-0,01
Косівська – Косівська Поляна	1963-2010	80	0,04	0,001	-0,011
Шопурка – Кобилецька Поляна	1954-2010	60	-0,22	-0,01	-0,003
$Q = f(B)(m)$					
Чорна Тиса - Ясіня	1956-2010	30	5,1	0,10	0,07
Чорна Тиса - Білин	1946-1988	70	-2,0	-0,06	-0,01
Біла Тиса - Луги	1955-2010	50	-8,6	-0,17	-0,09
Біла Тиса - Розтоки	1955-1988	30	8,3	0,27	0,14
Тиса - Рахів	1946-2010	80	-6,6	-0,13	-0,07
Тиса - Ділове	1945-1988	160	3,6	0,14	0,07
Косівська – Косівська Поляна	1963-2010	80	-1,2	-0,03	0,03
Шопурка – Кобилецька Поляна	1954-2010	60	1,4	0,05	0,02

1	2	3	4	5	6
$Q = f(h_{\text{сеп}})(M)$					
Чорна Тиса - Ясіня	1956-2010	30	0,96	0,02	0,005
Чорна Тиса - Білин	1946-1988	70	-0,25	-0,01	-0,004
Біла Тиса - Луги	1955-2010	50	0,78	0,02	0,01
Біла Тиса - Розтоки	1955-1988	30	-0,44	-0,01	-0,01
Тиса - Рахів	1946-2010	80	0,14	0,003	0,001
Тиса - Ділове	1945-1988	160	0,12	0,005	0,003
Косівська – Косівська Поляна	1963-2010	80	0,39	0,01	≈ 0
Шопурка – Кобилецька Поляна	1954-2010	60	-0,1	-0,003	≈ 0
$Q = f(B/h_{\text{сеп}})$					
Чорна Тиса - Ясіня	1956-2010	30	13,5	0,26	0,07
Чорна Тиса - Білин	1946-1988	70	9,9	0,32	0,23
Біла Тиса - Луги	1955-2010	50	-28,3	0,55	-0,31
Біла Тиса - Розтоки	1955-1988	30	17,6	0,57	0,34
Тиса - Рахів	1946-2010	80	-18,8	-0,37	-0,13
Тиса - Ділове	1945-1988	160	2,1	0,08	0,006
Косівська – Косівська Поляна	1963-2010	80	2,8	0,07	0,003
Шопурка – Кобилецька Поляна	1954-2010	60	0,4	0,01	0,01

Щодо річки Косівська за даними гідропоста Косівська Поляна, то в 2008 р. тут активізувався прояв ерозійних процесів на водозборі, які чітко можна прослідкувати на зміні рівня води в бік зменшення, тобто просідання рівнів при однакових витратах води, що пояснюється будівництвом гідротехнічних споруд на водозборі.

Стосовно річки Шопурка за даними гідропоста Кобилецька Поляна, то протягом 1985, 1988 рр. мали місце значні ерозійні процеси на водозборі, які характеризують подібну з попереднім випадком тенденцію (див. табл. 3).

Таким чином, просторово-часовий аналіз всіх вищенаведених зв'язків засвідчує певну їх строкатість, з переважанням процесів поглиблення русла та зростання швидкостей. Врізані русла зазвичай мають більш тісні зв'язки, розпластані – значний розкид точок у цих зв'язках.

Завершальним етапом оцінки процесів руслоформування є оцінка стійкості русел.

За показником Lo до стійких русел належать ДО 1-2 (р. Чорна Тиса і Станіслав), ДО 5-6 (р. Лазещина і Біла Тиса), ДО 9 (р. Говерла), ДО 15-16 (р. Тиса) та ДО 17-18 (р. Косівська і Шопурка). Ці дані зафарбовані зеленим кольором у табл. 4, що характеризує найвищий рівень стійкості $ГДС_{п-р}$.

Що стосується показника M_x , то до відносно стійких русел належать ДО 3-6 (р. Чорна і Біла Тиса), ДО 11-12 (р. Квасний і Богдан), ДО 15-18 (р. Тиса, Косівська і Шопурка).

Стійкими руслами за показником K_e можна вважати ДО 1, 3-5, 7-8, 10-14, 16-18, що відповідають майже всім річкам басейну Верхньої Тиси, які помічені зеленим у табл. 4. Відносно стійкими руслами за показником Lo вважають ДО 3-4 (р. Довжина і Лазещина), ДО 13-14 (р. Паулек і Білий). які помічені салатовим кольором.

Що стосується показника K_e для відносно стійких русел, то до них належать ДО 2 (р. Станіслав), ДО 6 (р. Біла Тиса), ДО 9 (р. Говерла), ДО 15 (р. Тиса), які наведені салатовим кольором в табл. 4.

Як слідує з табл. 4. за показником Lo до відносно нестійких русел відносяться ДО 8 (р. Бальзатул), ДО 10-12 (р. Шоул, Богдан, Квасний), вони позначені жовтим кольором.

Нестійкі русла притаманні лише для показника M_x , до них належать ДО 1-2 (р. Чорна Тиса, Станіслав), ДО 6-9 (р. Біла Тиса, Бальзатул, Говерла), ДО 13-14 (р. Паулек, Біли), які позначені оранжевим кольором в табл. 4. Для показника Lo притаманні 50% стійких русел, 22% до відносно стійких русел і 28% до відносно нестійких русел. Для показника M_x за даними табл. 4 характерні 50% відносно стійких русел, 5% невідносно стійких русел і 45% нестійких русел. Що стосується показника K_e , то для характерні 78% стійких русел, 22% відносно стійких русел.

Також слід зазначити, що для розрахунку стійкості русел також були використані показники М.І. Маккавєєва і В.М. Лохтіна, але результати були на два порядки вищі ніж за показниками О.Г. Ободовського, К.В. Гришаніна і І.Ф. Карасьова, тому для гірських річок їх не застосовували [11].

Варто відмітити, що вищенаведена оцінка стійкості русел для річок верхньої частини басейну Тиси (табл. 4) досить вдало узгоджується з характером прояву руслових деформацій (див. табл. 3). Для стійких і відносно стійких русел характерні криві залежностей, які знаходяться в пучка, вони щільні - Чорна Тиса – Білин, Біла Тиса – Луги, Тиса – Ділове, Косівська – Косівська Поляна, Шопурка – Кобилецька Поляна. Що стосується відносно стійких і нестійких русел (табл. 4), то для них характерними є криві залежності, які мають розсіяний характер – Чорна Тиса – Ясіня, Біла Тиса – Розтоки, Тиса – Рахів.

У підсумку викладеного матеріалу можна зробити висновок, що оцінка стійкості річок в басейні Верхньої Тиси, яка виконана за показниками Lo , M_x та K_e дає однозначні відповіді на характер прояву процесів руслоформування під впливом природно-антропогенних чинників. За даними Lo і K_e більша частина ДО відноситься до стійких і відносно стійких русел. А для показника M_x , то більша частина ДО відноситься до відносно стійких і нестійких русел (табл. 4).

Висновки. Для оцінки руслоформувальних витрат води використовувалось рівняння динамічної рівноваги $ГДС_{п-р}$ та формула Гришаніна. Але для гірських річок найбільш практично застосованою пропонується методика ІГІМ–КНУ, яка має добру відповідність із забезпеченостями максимальних витрат води.

Що стосується руслових деформацій, то їх прояв є незначним, що встановлено для річок вказаного басейну за 6 морфодинамічними залежностями. Просторово-часовий аналіз цих зв'язків засвідчує певну їх строкатість, з переважанням процесів поглиблення русла та зростання швидкостей. Врізані русла зазвичай мають більш тісні зв'язки, розпластані – значний розкид точок у цих зв'язках.

Варто відзначити, що за показниками О.Г. Ободовського та І.Ф. Карасьова більша частина ДО для вказаного басейну відноситься до стійких і відносно стійких русел. А для показника К.В. Гришаніна більша частина ДО відноситься до відносно стійких і нестійких русел.

У підсумку викладеного матеріалу можна зробити висновок, що оцінка стійкості річок в басейні Верхньої Тиси, яка виконана за показниками Lo , M_x та K_e дає однозначні відповіді на характер прояву процесів руслоформування під впливом природно-антропогенних чинників.

Список літератури

1. Алтунин С. Т. Регулирование русел / С. Т. Алтунин. – М. : Сельхозгиз, 1962. – 350 с. 2. Базилевич В. А. Изменение состава взвешенных наносов в процессе деформации дна русла / В. А. Базилевич, В. В. Козицкий // Гидравлика и гидротехника. – 1986. – Вып. 43. – С. 41-46. 3. Влияние кинематического эффекта безнапорного потока на транспорт наносов / Баришников Н. Б., Железняков Г. В., Алтунин В. С. и др. // Движение наносов в открытых руслах. – М. : Наука, 1970. – С. 19-23. 4. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС: основ. терміни та їх визначення / [підгот. : Алієв К. та ін.]. – Вид. офіц. – К. : [б. в.], 2006. – 240 с. 5. Гришанин К. В. Устойчивость русел рек и каналов. / К. В. Гришанин. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 144 с. 6. Карасев И. Ф. Русловые процессы при переброске стока / И. Ф. Карасев. – Л. : Гидрометеиздат, 1975. – 272 с. 7. Ковальчук І. П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз / І. П. Ковальчук. – Львів: Ін-т країнознавства, 1997. – 440 с. 8. Маккавеев Н. И. Русловые процессы / Н. И. Маккавеев, Р. С. Чалов. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 264 с. 9. Маринич О. М. Фізична географія України : підручник / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. – К. : Знання, 2003. – 479 с. 10. Методические указания по расчету устойчивых аллювиальных русел горных рек при проектировании гидротехнических сооружений. – М. : Колос, 1977. – 62 с. 11. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України) / О. Г. Ободовський. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 274 с. 12. Ободовський О. Г. Руслові процеси / О. Г. Ободовський. – К.: ВПЦ «Київський університет», 1998. – 134 с. 13. Руслові процеси річки Лімниця / О. Г. Ободовський, В. В. Онищук, В. В. Гребінь [та ін.]. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 256 с. 14. Ободовський О. Г. Руслоформуючі витрати та класифікація паводків на гірських річках / Ободовський О. Г., Онищук В. В., Коноваленко О. С. // Вісник КНУ ім. Т. Шевченка. Сер. Географія. – 2002. – Вип. 48. – С.42-47. 15. Латориця : гідрологія, гідроморфологія, руслові процеси / Ободовський О. Г., Онищук В.В., Розлач З.В. та ін. ; [за ред. О.Г. Ободовського]. – К. : ВПЦ «Київський університет», 2012. – 319 с.

Руслові процеси річок верхньої частини басейну Тиси (в межах України)

Ободовський Ю. О.

Для детальної оцінки руслових процесів річок басейну Верхньої Тиси було проведено ряд досліджень: 1) оцінка русло формувальних витрат води; 2) оцінка деформацій русел річок за допомогою зв'язків між основними гідроморфодинамічними параметрами русел; 3) оцінка стійкості русел. Слід відмітити, що перші два дослідження проводились на основі матеріалів багаторічних спостережень на мережі Гідрометслужби України, зокрема для 8 гідрологічних постів, а оцінка стійкості русел, за допомогою 18 ділянок обстежень, які були виділені під час експедиційних досліджень 2010 і 2011 років.

Ключові слова: руслові процеси, руслоформувальні витрати води, криві залежностей, руслові деформації, стійкість русел.

Русловые процессы рек верхней части бассейна Тисы (в пределах Украины)

Ободовский Ю. А.

Для детальной оценки русловых процессов рек бассейна Верхней Тисы был проведен ряд исследований: 1) оценка руслоформирующих расходов воды; 2) оценка деформаций русел рек с помощью связей между основными гидроморфодинамическими параметрами русел; 3) оценка устойчивости русел. Следует отметить, что первые два исследования проводились на основе материалов многолетних наблюдений на сети Гидрометслужбы Украины, в частности для 8 гидрологических постов, а оценка устойчивости русел, с помощью 18 участков обследований, которые были выделены во время экспедиционных исследований 2010 и 2011 годов.

Ключевые слова: русловые процессы, руслоформирующие расхода воды, кривые зависимостей, русловые деформации, устойчивость русел.

The river-bed processes of the upper part of the Tisza basin (within Ukraine)

Obodovsky Y. A.

For a detailed assessment of river-bed processes of the upper part of the Tisza basin, a number of research was carried out: 1) assessment bed forming water consumption, 2) assessment of deformations of river-bed using relations hips between curves dependencies of hydromorphological river-beds, 3) assessment of the sustainability of river-beds. It should be noted that the first two researchs were conducted on the basis of materials of long-term observations on the network of Hydrometeorological

service of Ukraine, in particular for 8 hydrological posts, and the assessment of the sustain ability of river-beds, using 18 survey areas that were identified during research expeditions in 2010 and 2011 .

Keywords: river-bed processes, bed forming water consumption, river-bed deformation, curves dependencies, sustainability of the river-beds.

Надійшла до редколегії 31.09.2013

УДК 556.166

Баужа Т.О., Горбачова Л.О.

Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ ЧАСОВОГО РОЗПОДІЛУ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ ВОДИ РІЧОК ТА СТРУМКІВ БАСЕЙНУ РІЧКИ РІКА

Ключові слова: гірські водозбори, мінімальний стік, циклічні коливання, стаціонарність

Вступ. Мінімальний стік є одним із основних понять, якими користуються в гідрології при аналізі й розрахунках стоку, а мінімальна витрата є однією з основних гідрологічних характеристик, яку потрібно розраховувати при проектуванні водозабірних споруд на річках для різних користувачів. Основним джерелом живлення річок у меженний період є природні ресурси підземних вод, які формуються в тій зоні інтенсивного водообміну, яка знаходиться під впливом постійно дреноуючої дії річкової мережі. Вона охоплює верхній поверх порівняно неглибоких безнапірних ґрунтових вод і напірних підземних вод, що знаходяться в сфері дреноуючого впливу річкових систем та значних западин рельєфу. Запаси ґрунтових вод у річковому басейні помітно змінюються у часі, протягом меженного періоду, а також із року в рік залежно від кількості опадів, особливо у зимовий період, та інших кліматичних і гідрогеологічних чинників, а також господарської діяльності людини [11].

В результаті різкого скорочення притоку поверхневих вод в річкову мережу настає маловодна фаза гідрологічного циклу і в цей період спостерігаються найменші витрати води в річках, які можуть знижуватись до нульових значень. Дана проблема становить значний практичний інтерес в раціональному регулюванні стоку, адже знання особливостей розподілу річкового стоку в межень (зимову та літньо-осінню) насамперед необхідне для безперебійного водопостачання міст та сільських населених пунктів, гідроелектростанцій, судноплавства, залізничного транспорту та ін. Тому дослідження тенденцій зміни мінімального стоку є актуальним та необхідним завданням. Особливого значення такі дослідження набувають в сучасний період, який характеризується підвищенням приземної температури повітря, і в який багато дослідників визначають суттєві зміни водного стоку річок.

Аналіз публікацій. Перші гідрологічні розрахунки для річок України щодо мінімального стоку були виконані К. А. Лисенко (1959). Також закономірності формування витрат води річок протягом меженного періоду детально розглянуті у працях Курдова А. Г. [5]; Лисенко К. А. [6]; Владимірова А. М. [2]; Лютика П.М. [15], Ромася І.М. [11, 12]; Ромася М.І., Шевчук І.О., Ромася І.М., Довгань Л.В. [13]; Соловей Т.В. [14]; Лободи Н.С. [16] та ін. Однак, не зважаючи на те, що за останнє десятиріччя все більше уваги приділяють вивченню процесу формування мінімального стоку річок України, все ж таки проблема залишається в тому, що не всі річки України охоплені детальним дослідженням меженного стоку. Крім того,

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

багаторічна динаміка мінімального стоку річок майже не досліджується. Саме тому **метою** роботи є аналіз часового розподілу мінімального стоку на малих та середніх річках верхньої частини басейну р. Ріка та розрахунок його статистичних характеристик.

Завдання дослідження:

- оцінити однорідність рядів мінімального стоку води за зимову та літньо-осінню межень за допомогою сумарної інтегральної кривої та узагальненими статистичними критеріями Фішера та Стюдента;
- виконати оцінку стаціонарності багаторічних коливань мінімальних витрат води шляхом оцінки статистичної значимості лінійних трендів;
- проаналізувати різниці інтегральні криві рядів спостережень для виявлення закономірностей коливання мінімального стоку;
- визначити розрахункові гідрологічні характеристики мінімального стоку річок та струмків за зимовий період та період відкритого русла.

Виклад основного матеріалу досліджень. У роботі використані матеріали спостережень [7] за середньодобовими витратами води з періодом спостереження від 47 до 65 років. Були сформовані ряди середньодобових витрат води за 30 діб з найменшим стоком у зимову та літньо-осінню межень за гідрологічний рік для 10 пунктів спостереження, які розташовані на гірських водотоках: 4 малих і 2 середніх річках та 2 струмках в межах Закарпатської воднобалансової станції (ЗВБС). Більш детальніша характеристика водотоків ЗВБС, а також схема розташування пунктів спостережень наведена в [1, 4]. На деяких річках та струмках спостереження за стоком води в окремі роки були припинені, тому було проведено відновлення та подовження рядів мінімальних витрат води (табл. 1, 2) з використанням методу парної регресії за даними річок аналогів згідно положень діючого нормативного документу СНіП 2.01.14-83 [8].

Таблиця 1. Відомості про приведення середньодобових витрат води за 30 діб зимової межні в басейні р. Ріка до багаторічного періоду

Річка-пункт	Річка-аналог	Умови			Роки стік за які був відновлений
		$n \geq 10$	$R \geq 0,7$	$k/\sigma_k \geq 2$	
р. Ріка – с. Верхній Бистрий	р. Рипинка – с. Рипинне	46	0,70	7,82	1947-1956
	стр. Бранище – с. Лопушне	43	0,82	12,7	1995-1998
р. Голятинка – с. Майдан	стр. Бранище – с. Лопушне	43	0,72	8,76	1995-1998
р. Рипинка – с. Рипинне	р. Ріка – с. Міжгір'я	38	0,77	9,89	1995-2006
стр. Пилипецький – с. Пилипець	р. Пилипець – с. Пилипець	48	0,77	11,1	1958
р. Бранище – с. Лопушне	р. Ріка – с. Міжгір'я	47	0,82	13,4	1957-1959
р. Лопушна – с. Лопушне (н)	р. Ріка – с. Міжгір'я	47	0,71	8,85	1957-1959
р. Ріка – с. Міжгір'я	р. Рипинка – с. Рипинне	38	0,77	9,89	1947-1953, 1955, 1956
р. Студений – с. Нижній Студений	р. Пилипець – с. Пилипець	50	0,75	10,5	1995-1998

Таблиця 2. Відомості про приведення рядів середньодобових витрат води за 30 діб літньо-осінньої межні в басейні р. Ріка до багаторічного періоду

Річка-пункт	Річка-аналог	Умови			Роки стік за які був відновлений
		$n \geq 10$	$R \geq 0,7$	$k/\sigma_k \geq 2$	
р. Ріка – с. Верхній Бистрий	р. Рипинка – с. Рипинне	38	0,89	16,7	1946-1955
	р. Голятинка – с. Майдан	38	0,90	3,78	1956
	р. Пилипець – с. Подобовець	44	0,89	4,07	1995-1998
р. Ріка – с. Міжгір'я	р. Рипинка – с. Рипинне	38	0,92	20,4	1947-1956
р. Голятинка – с. Майдан	р. Рипинка – с. Рипинне	39	0,84	13,1	1948, 1953, 1954
	р. Лопушна – с. Лопушне (н)	43	0,84	13,4	1995-1998
р. Рипинка – с. Рипинне	р. Ріка – с. Міжгір'я	38	0,92	20,4	1995-2006
р. Лопушна – с. Лопушне (н)	р. Рипинка – с. Рипинне	35	0,86	13,2	1947-1956
	р. Ріка – с. Міжгір'я	47	0,89	18,1	1957-1959
р. Пилипець – с. Подобовець	р. Рипинка – с. Рипинне	36	0,82	11,3	1948, 1953- 1955
	р. Голятинка – с. Майдан	44	0,83	13,1	1956-1958
стр. Пилипецький – с. Пилипець	р. Рипинка – с. Рипинне	36	0,80	10,8	1948, 1950, 1953-1955
	р. Пилипець – с. Пилипець	48	0,82	13,0	1956-1958
р. Студений – с. Нижній Студений	р. Пилипець – с. Пилипець	51	0,70	8,80	1995-1998

При оцінці однорідності та стаціонарності даних спостережень були використані статистичні (узагальнені критерії Фішера та Стюдента, статистична значимість лінійних трендів) та гідролого-генетичні методи дослідження (сумарні та різницево-інтегральні криві, сумісні хронологічні графіки).

Використовуючи метод парного порівняння з урахуванням внутрішньорядних кореляційних зв'язків (табл. 3) було виконано кількісну оцінку часової однорідності рядів спостережень за узагальненими критеріями Фішера (F) та Стюдента (t) для 5-% рівня значимості [9, 10].

В результаті досліджень за критерієм Фішера були виявлені неоднорідні дані в 2 пунктах спостереження (р. Голятинка – с. Майдан, стр. Бранище – с. Лопушне) за зимовий період, а за критерієм Стюдента – в 1 пункті спостереження (р. Рипинка – с. Рипинне) за період відкритого русла (табл. 4). Однак при 2% (для р. Рипинка – с. Рипинне та стр. Бранище – с. Лопушне) та 0,2% (для р. Голятинка – с. Майдан) рівні значимості ряди спостережень є однорідні. Тобто, дані статистичні критерії при різних рівнях значимості дають протилежні результати, що, взагалі, і не дозволяє зробити остаточний висновок про однорідність або неоднорідність рядів спостережень. Таким чином, при перевірці рядів спостережень на однорідність недостатньо використовувати лише статистичні критерії для отримання надійних та достовірних результатів.

Таблиця 3. Внутрішньорядні кореляційні зв'язки $r(1)$ мінімального стоку води річок та струмків ЗВБС

№	Річка – пост	$r(1)$	
		зимова межень	літньо-осіння межень
1	р. Пилипець – с. Пилипець	0,0	0,5
2	р. Голятинка – с. Майдан	0,0	0,1
3	р. Рипинка – с. Рипинне	0,0	0,2
4	р. Лопушна – с. Лопушне(н)	0,0	0,0
5	р. Студений – с. Н. Студений	0,0	0,2
6	р. Пилипець – с. Подобовець	0,0	0,1
7	р. Ріка – с. Верхній Бистрий	0,0	0,2
8	р. Ріка – с. Міжгір'я	0,0	0,1
9	стр. Бранище – с. Лопушне	0,0	0,1
10	стр. Пилипецький – с. Пилипець	0,2	0,3

У той же час виконана оцінка стаціонарності багаторічних коливань мінімального стоку води шляхом оцінки статистичної значимості лінійних трендів (згідно методичних рекомендацій [8]) для 5% рівня значимості виявила статистично значимі тренди: в одному пункті спостереження (стр. Бранище – с. Лопушне) за зимову межень та в 3 пунктах (стр. Бранище – с. Лопушне, р. Рипинка – с. Рипинне, р. Ріка – с. Міжгір'я) за літньо-осінню межень. Однак на всіх інших гідрологічних пунктах, ряди спостережень є стаціонарними (табл. 5), а виявлені статистично значимі тренди мають тимчасовий характер та обумовлюються циклічними коливаннями.

Для перевірки вищевказаних результатів дослідження були застосовані гідролого-генетичні методи. Для всіх пунктів спостережень були побудовані сумарні інтегральні криві (рис. 1), які показали, що ряди мінімальних витрат води за зимовий період та період відкритого русла є однорідними, оскільки не було виявлено будь-яких суттєвих точок перелому напрямків кривих.

Аналіз різницевих інтегральних кривих дозволяє простежити циклічність коливань стоку та підкреслити їхню син фазність/асинфазність (співпадіння/неспівпадіння фаз підвищеної або зниженої водності на різних водотоках) або синхронність/асинхронність (співпадіння/неспівпадіння коливань стоку окремих років на різних річках) [17]. Для меженного стоку за зимовий період та період відкритого русла можна виділити декілька видів таких коливань (рис. 2).

А саме, в циклічних коливаннях мінімальних витрат води зимового періоду для 5 з 10 пунктів з другої половини 50-х рр. 20 ст. спостерігається маловодна фаза (з окремими періодами підвищеного стоку в 70-х рр. та 1990 році) гідрологічного циклу, яка змінилася на багатоводну (1993-2002 рр.). З 2003 і до 2006 – період низької водності (рис. 2а). На гідропостах р. Пилипець – с. Пилипець, р. Лопушна – с. Лопушне (н) та стр. Пилипецький – с. Пилипець з початку спостережень і до кінця 60-х рр. – маловодна фаза, з 1969 до 1983 – багатоводна, яка перейшла в маловодну в 1984 році (в 2001 році спостерігалось різке підвищення стоку) і триває дотепер (рис. 2б). Гідрологічний пункт р. Студений – с. Нижній Студений характеризується періодом низької водності до 1964 року, а далі – фаза нечітко вираженої циклічності, закінчення якої не можливо спрогнозувати. Починаючи з 1964 року на гідропосту р. Пилипець – с. Подобовець спостерігався період високої водності, який у 1972 році перейшов у маловодний період гідрологічного циклу (з незначним підвищенням стоку в окремі роки) і триває до 2006 року (рис. 2 в).

Таблиця 4. Результати перевірки на часову однорідність витрат води за зимовий період в басейні р. Ріка за узагальненими критерієм Фішера (F) та Стюдента (t)

	Рівень значимості	Перевірка на однорідність											
		Студент		Фішер		Студент		Фішер					
		t	t _{кр}	F	F _{кр}	t	t _{кр}	F	F _{кр}				
		Зимова межень				Літньо-осіння межень							
Водотік-пункт	5%	1,17	2,08	3,62	2,31	ні	0,29	2,11	так	1,02	2,25	так	
		1,17	3,39	3,62	3,87	так	-	-	-	-	-	-	
	5%	1,61	2,08	2,41	2,31	ні	2,09	2,18	так	1,24	2,35	так	
		2%	1,61	2,49	2,41	2,71	так	-	-	-	-	-	
	5%	0,28	2,06	1,03	2,17	так	2,36	2,30	ні	1,52	2,17		
		2%	-	-	-	-	-	2,36	2,73		1,52	2,52	
		0,66	2,08	так	1,13	2,31	так	1,44	2,53	2,36	2,40		
		-	-	-	-	-	0,82	2,28		1,30	2,25	так	
		5%	0,05	2,08	2,11	2,31		1,15	2,08	так	1,05	2,17	
			0,03	2,06	1,15	2,17	так	1,45	2,38		1,36	2,19	
	5%	0,58	2,06	1,17	2,17	так	1,89	2,15	1,38	2,18			
		0,73	2,08	1,45	2,31		1,35	3,27	1,22	2,64			
		1,38	2,33	1,34	2,35		0,32	2,79	1,94	2,38			

Таблиця 5. Оцінка значимості лінійних трендів мінімального стоку річок та струмків ЗВБС

Водотік-пункт	Період	Рівняння тренду	R^2	R	σ_R	$2\sigma_R$	$3\sigma_R$	Результат
Зимова межень								
р. Голятинка – с. Майдан	1957-2006	$y=0,01x+0,84$	0,04	0,19	0,14	0,28	0,41	"0"
р. Пилипець – с. Пилипець	1957-2006	$y=-0,003x+7,38$	0,01	0,11	0,14	0,28	0,42	"0"
р. Рипинка – с. Рипинне	1947-2006	$y=0,003x-4,07$	0,01	0,01	0,13	0,26	0,39	"0"
р. Студений – с. Н. Студений	1955-2006	$y=-0,01x+10,7$	0,02	0,13	0,14	0,28	0,41	"0"
р. Пилипець – с. Подобовець	1959-2006	$y=-0,01x+9,87$	0,01	0,10	0,14	0,29	0,43	"0"
р. Лопушна – с. Лопушне (н)	1957-2006	$y=0,002x-2,92$	0,01	0,08	0,14	0,28	0,43	"0"
р. Ріка – с. Верхній Бистрий	1947-2006	$y=0,0001x+1,00$	0,00002	0,004	0,13	0,26	0,39	"0"
р. Ріка – с. Міжгір'я	1947-2006	$y=0,003x+0,90$	0,01	0,12	0,13	0,26	0,39	"0"
стр. Бранище – с. Лопушне	1957-2006	$y=0,01x-18,3$	0,13	0,37	0,12	0,25	0,37	"А"
стр. Пилипецький – с. Пилипець	1958-2006	$y=-0,01x+10,3$	0,02	0,14	0,14	0,28	0,42	"0"
Літньо-осіння межень								
р. Голятинка – с. Майдан	1948-2006	$y=0,001x-1,19$	0,001	0,03	0,14	0,27	0,41	"0"
р. Пилипець – с. Пилипець	1956-2006	$y=-0,01x+12,0$	0,03	0,18	0,14	0,27	0,41	"0"
р. Рипинка – с. Рипинне	1946-2006	$y=0,01x-15,8$	0,11	0,33	0,12	0,23	0,35	"А"
р. Студений – с. Н. Студений	1954-2006	$y=0,01x-12,4$	0,04	0,19	0,13	0,27	0,40	"0"
р. Пилипець – с. Подобовець	1959-2006	$y=-0,001x+4,48$	0,002	0,05	0,15	0,29	0,44	"0"
р. Лопушна – с. Лопушне (н)	1947-2006	$y=0,01x-9,28$	0,05	0,23	0,12	0,25	0,37	"0"
р. Ріка – с. Верхній Бистрий	1946-2006	$y=0,003x-5,99$	0,02	0,15	0,13	0,25	0,38	"0"
р. Ріка – с. Міжгір'я	1947-2006	$y=0,01x-14,2$	0,10	0,31	0,12	0,24	0,35	"А"
стр. Бранище – с. Лопушне	1960-2006	$y=0,02x-28,8$	0,19	0,44	0,12	0,24	0,36	"А"
стр. Пилипецький – с. Пилипець	1948-2006	$y=-0,002x+5,67$	0,01	0,08	0,13	0,27	0,40	"0"

Примітка. "А" – тренд значущий, тобто неоднорідний; "0" – тренд незначущий, тобто однорідний.

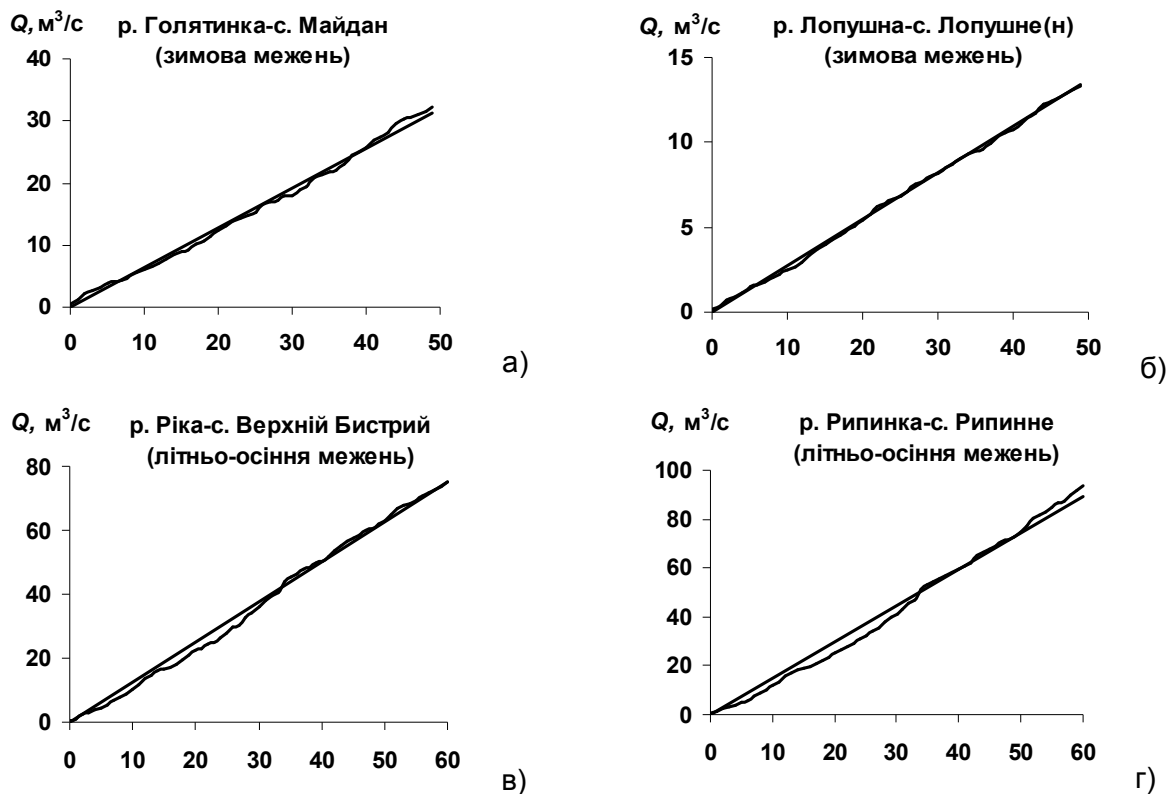
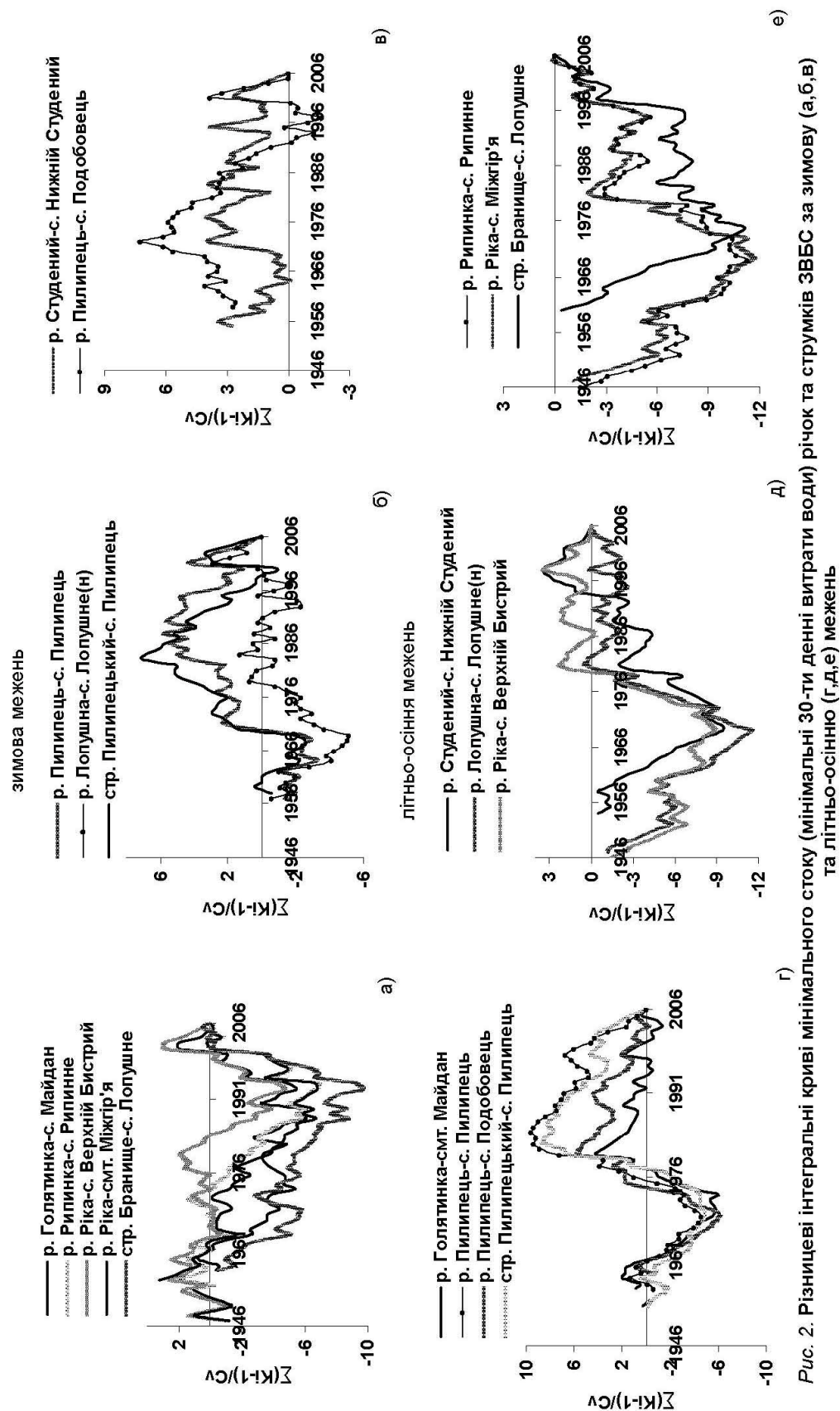


Рис 1. Сумарні інтегральні криві мінімального стоку (мінімальні 30-ти денні витрати води) за зиму (а, б) та літньо-осінню (в, г) межень на річках та струмках у басейні р. Ріка

Мінімальний стік в період відкритого русла на 7 з 10 гідрологічних пунктів характеризується з початку спостережень і до 70-х рр. 20 ст. маловодною фазою гідрологічного циклу, яка поступово переходить у багатоводну і триває до 80-х рр. Однак з початку 80-х років і до 2006 року меженний стік є асинфазним: на 4 гідропостах (р. Голятинка – с. Майдан, р. Пилипець – с. Пилипець, р. Пилипець – с. Подобовець, стр. Пилипецький – с. Пилипець) спостерігається період низької водності (рис. 2 г), а на 3 інших (р. Студений – с. Нижній Студений, р. Лопушна – с. Лопушне (н) та р. Ріка – с. Верхній Бистрий) – період нечітко вираженої циклічності стоку (рис. 2 д). В гідрологічних пунктах р. Рипинка – с. Рипинне і р. Ріка – с. Міжгір'я та стр. Бранище – с. Лопушне починаючи з 70-х років 20 ст. і до 2006 року триває багатоводна фаза гідрологічного циклу з незначним періодом зниженням стоку в окремі роки (рис. 2 е).

Отже, з огляду на це, як в зиму, так і в літньо-осінню межень на всіх гідрологічних пунктах стік є синхронний, однак не завжди синфазний. Такі відмінності обумовлюються чинниками підстильної поверхні водозборів річок та струмків Карпатського регіону. А саме: 1) гірський рельєф, який значно порізаний річковими долинами (визначає своєрідні закономірності формування стоку, які проявляються в нерівномірності розподілу в басейні опадів, температури та вологості повітря; 2) експозиції схилів (навітряні схили отримують значно більшу кількість опадів, тимчасом як протилежні схили характеризуються зменшенням кількості опадів; 3) наявність великих лісових масивів (залісеність басейну, яка в деяких його частинах досягає 95%, зменшує меженний стік) та ін. [3, 7].



Проте, аналіз суміщених хронологічних графіків та різницевих інтегральних кривих показав, що ряди спостережень, як і в зимовий, так і в період відкритого русла, мають синхронні коливання мінімальних витрат води (рис. 3 та 4), а це, в свою чергу, свідчить про однорідність кліматичних умов їхнього формування.

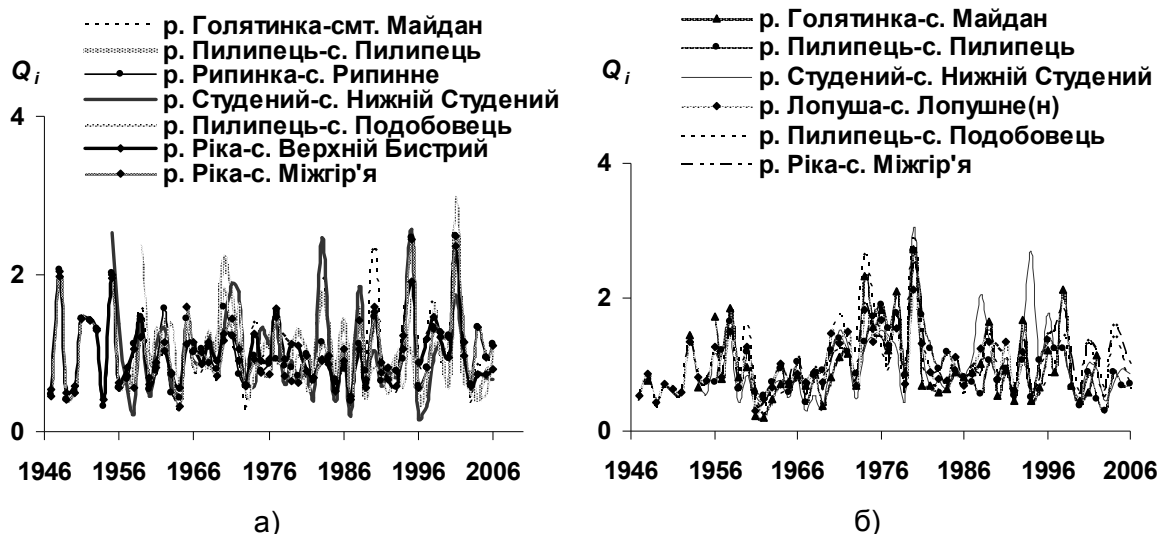


Рис. 3. Багаторічна динаміка мінімального стоку (мінімальні 30-ти денні витрати води) річок та струмків в басейні р. Ріка за:
а) зимову та б) літньо-осінню межень

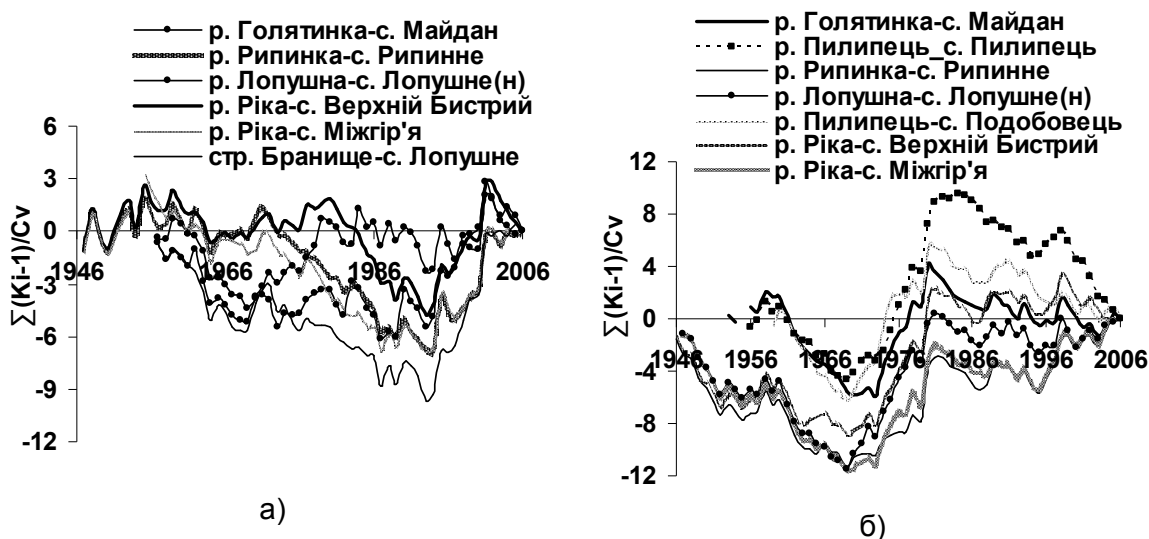


Рис. 4. Різницеві інтегральні криві мінімального стоку (мінімальні 30-ти денні витрати води) річок та струмків ЗВБС за:
а) зимову та б) літньо-осінню межень

Враховуючи все вище зазначене, ряди спостережень мінімальних витрат води за зимову та літньо-осінню межень річок та струмків в басейні р. Ріка є однорідними та стаціонарними, що і дозволяє використати апарат математичної статистики для подальших розрахунків. Визначення статистичних параметрів максимальних витрат води було виконано на основі трипараметричного гамма-розподілу та біноміального розподілу з використанням методів найбільшої правдоподібності або методом моментів за допомогою програми HydroStatCalc (Державний гідрологічний інститут, Росія).

Розрахункові статистичні параметри мінімальних витрат води змінюються в таких діапазонах: а) за зимову межень – 1) коефіцієнти варіації коливаються від 0,36 (р. Лопушна – с. Лопушне (нижн.) та стр. Бранище – с. Лопушне) до 0,66 (р. Пилипець – с. Подобовець) та 2) коефіцієнти асиметрії – від 0,84 (р. Лопушна – с. Лопушне (нижн.)) до 3,00 (р. Пилипець – с. Подобовець); б) за літньо-осінню межень – 1) коефіцієнти варіації коливаються від 0,40 (р. Лопушна – с. Лопушне (нижн.)) до 0,57 (р. Студений – с. Н. Студений) та 2) коефіцієнти асиметрії – від 0,88 (р. Лопушна – с. Лопушне (нижн.)) до 2,26 (стр. Пилипецький – с. Пилипець) (табл. 6, 7).

Розраховані ймовірнісні характеристики мінімальних витрат води будуть уточнюватися з подовженням рядів спостережень, оскільки ряди спостережень не мають чітко вираженого повного циклу коливань (маловодну та багатоводну фази) і відповідно не є репрезентативними для визначення середнього значення.

Таблиця 6. Розрахункові характеристики мінімальних витрат води ($\text{м}^3/\text{с}$) за зимову межень річок та струмків в басейні р. Ріка

№	Водотік-пункт	$Q_{\text{сер.}}$	C_v	C_s/C_v	P , 75 %	P , 95%
1	р. Ріка – смт. Міжгір'я	3,86	0,47	3,34	2,59	1,70
2	р. Рипинка – с. Рипинне	1,61	0,47	3,08	1,07	0,69
3	р. Ріка – с. Верхній Бистрий	1,23	0,41	3,46	0,88	0,61
4	р. Голятинка – с. Майдан	0,64	0,48	2,46	0,42	0,25
5	р. Пилипець – с. Пилипець	0,49	0,41	2,61	0,35	0,23
6	р. Лопушна – с. Лопушне (нижн.)	0,27	0,36	2,35	0,20	0,14
7	р. Студений – с. Н. Студений	0,15	0,54	2,36	0,09	0,05
8	стр. Пилипецький – с. Пилипець	0,10	0,47	4,29	0,07	0,05
9	р. Пилипець – с. Подобовець	0,04	0,66	4,51	0,03	0,03
10	стр. Бранище – с. Лопушне	0,07	0,36	3,33	0,05	0,03

Таблиця 7. Розрахункові характеристики мінімальних витрат води ($\text{м}^3/\text{с}$) за літньо-осінню межень річок та струмків в басейні р. Ріка

№	Водотік-пункт	$Q_{\text{сер.}}$	C_v	C_s/C_v	P , 75 %	P , 95%
1	р. Ріка – смт. Міжгір'я	3,58	0,44	2,63	2,46	1,57
2	р. Рипинка – с. Рипинне	1,53	0,46	2,36	1,02	0,62
3	р. Ріка – с. Верхній Бистрий	1,23	0,41	3,14	0,88	0,60
4	р. Голятинка – с. Майдан	0,61	0,56	2,84	0,37	0,21
5	р. Пилипець – с. Пилипець	0,52	0,45	2,81	0,35	0,22
6	р. Лопушна – с. Лопушне (нижн.)	0,32	0,40	2,22	0,23	0,15
7	р. Студений – с. Н. Студений	0,14	0,57	3,89	0,08	0,05
8	стр. Пилипецький – с. Пилипець	0,12	0,48	4,68	0,08	0,06
9	стр. Бранище – с. Лопушне	0,08	0,48	3,21	0,06	0,04
10	р. Пилипець – с. Подобовець	0,04	0,51	3,43	0,023	0,02

Висновки. При дослідженні меженного стоку за статистичними методами були виявлені неоднорідні та нестационарні дані при 5% рівні значимості. Однак, застосування кількісних узагальнених критеріїв Фішера та Стюдента для отримання достовірних та надійних результатів при оцінці однорідності гідрологічних даних є обмеженим та сумнівним, адже при різних рівнях значимості для одного ряду спостереження вони дають зовсім відмінні результати.

Виконаний аналіз даних спостереження за гідролого-генетичними методами не виявив будь-яких суттєвих змін тенденцій у формуванні характеристик

мінімального стоку за зимову та літньо-осінню межень на річках та струмках в межах ЗВБС, що в свою чергу вказує на однорідність цих даних.

В циклічних коливаннях меженного стоку річок та струмків досліджуваної території за зимовий період та період відкритого русла були виділені декілька особливостей. Аналіз різницевих інтегральних кривих показав, що мінімальний стік є синхронним, що, в свою чергу, вказує на однорідність кліматичних умов формування стоку, та в основному синфазним на всіх гідрологічних пунктах. В той же час, виявлені асинфазні зміни стоку за окремі періоди часу обумовлюються чинниками підстильної поверхні водозборів річок та струмків басейну р. Ріка.

Розраховані статистичні параметри мінімальних витрат води за зимовий період та період відкритого русла водотоків басейну р. Ріка необхідно уточнювати з подовженням рядів спостережень до тих пір, поки ряди спостережень набудуть репрезентативності – наявності хоча б одного повного циклу коливань.

Список літератури

1. Баужа Т.О. Паводковий стік в холодний період року на території басейну р. Ріка та його розрахункові характеристики / Т.О. Баужа // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т. 2 (27) – С. 73-80.
2. Владимиров А.М. Сток рек в маловодный период года. / А.М. Владимиров. – Л. : Гидрометеиздат, 1976. – 296 с.
3. Горбачова Л. О. Гідрологія : навчальний посібник для ВНЗ / Л. О. Горбачова. – К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2010. – 125 с.
4. Горбачова Л.О. Динаміка середньорічного стоку води гірських річок (на прикладі водотоків Закарпатської воднобалансової станції) / Л. О. Горбачова, Т. О. Баужа // Праці УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 260. – С. 175-186.
5. Курдов А. Г. Минимальный сток рек (основные закономерности формирования и методы расчета) / А. Г. Курдов. – Воронеж : изд-во ВГУ, 1970. – 252 с.
6. Лысенко К. А. Минимальный сток малых рек Карпат и его расчёты // Труды УкрНИГМИ. - 1976. – Вип. 149. – С. 130-142.
7. Материалы наблюдений Закарпатской воднобалансовой станции. – К. : УГМС.
8. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчётных значений по неоднородным данным. – ГУ «ГГИ», 2010. – С. 39-40.
9. Определение расчётных гидрологических характеристик СниП 2.01.14-83. – М. : Госком СССР по делам строительства, 1983. – 97 с.
10. Рождественский А. В. Оценка точности гидрологических расчётов. / Рождественский А. В., Ежов А. В., Сахарюк А. В. – Л. : Гидрометеиздат, 1990. – С. 276.
11. Ромась І. М. Оцінка гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 “Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія” / І. М. Ромась. – К., 2004. – 20 с.
12. Ромась І. М. Розподіл мінімальних середньодобових витрат річок басейну Дніпра (у межах України) // І. М. Ромась // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія : тези доп. II Всеукр. наук. конф. (24-26 лист. 2003 р.). – К., 2003. – С. 72-73.
13. Формування середньомісячних витрат мінімального стоку річок басейну Дніпра в літньо-осінню та зимову межень / М.І. Ромась, І.О. Шевчук, І.М. Ромась, Л.В. Довгань // там же. – С. 74-75.
14. Соловей Т. В. Характеристика мінімального стоку річок басейну Прута / Т. В. Соловей // там же. – С. 76-77.
15. Справочник по водным ресурсам / Под. ред. Б. И. Стрельца. – К. : Урожай, 1987. – С. 74-75.
16. Хороняк Е. С. Расчёты минимального стока зимней межени Верхнего Днестра на основе метода множественной регрессии / Е. С. Хороняк, Н. С. Лобода // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2004. – Вип. 48. – С. 468-472.
17. Чеботарев А. И. Гидрологический словарь / А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеиздат, 1970. – С. 166.

Особливості часового розподілу мінімального стоку води річок та струмків басейну річки Ріка

Баужа Т.О., Горбачова Л.О.

Виконано аналіз часової однорідності та стаціонарності мінімальних 30-ти добових витрат води за зимову та літньо-осінню межень водотоків верхньої частини басейну річки Ріка за гідролого-генетичними (сумарні та різницево-інтегральні криві, сумісні хронологічні графіки)

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

та статистичними методами (узагальнені критерії Фішера та Стьюдента, статистична значимість лінійних трендів). Проаналізовано особливості циклічних коливань мінімального стоку та розраховані його статистичні характеристики.

Ключові слова: гірські водозбори; мінімальний стік; циклічні коливання; стаціонарність.

Особенности временного распределения минимального стока воды рек и ручьев бассейна реки Рика

Баужа Т. А., Горбачёва Л. А.

Выполнен анализ временной однородности и стационарности минимальных 30-ти суточных расходов воды за период зимней и летне-осенней межени водотоков верхней части бассейна реки Рика на основе гидролого-генетических (суммарные и разностно-интегральные кривые, совмещённые хронологические графики) и статистических методов (обобщённые критерии Фишера и Стьюдента, статистическая значимость линейных трендов). Проанализированы особенности циклических колебаний минимального стока и определены его статистические характеристики.

Ключевые слова: горные водосборы; минимальный сток; циклические колебания; стационарность.

Features of the temporal distribution of rivers and streams in the Rika River Basin

Bauzha T.O., Gorbachova L.O.

The analysis of the long-term dynamics of the minimum discharges during winter and summer runoff of the watercourses in the upper part of the Rika River Basin was presented. The estimation of the homogeneity and stationarity of the series of observations of the minimum flow by the hydrological genetic (the general integral curves, the difference integral curves, the combined chronological graphs) and statistical methods (the generalized statistical criteria by the Fisher's and Student's, the statistical significance of linear trends) was carried out. The features of cyclical fluctuations of the minimum flow were analyzed and their statistical parameters were calculated.

Keywords: mountain catchments; minimum flow; cyclical fluctuations; stationarity.

Надійшла до редколегії 03.10.2013

УДК 556.114.6(477.85-25)

Николаєв А. М., Шевчук Ю. Ф.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

РЕЖИМ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ МАЛИХ РІЧОК МІСТА ЧЕРНІВЦІ

Ключові слова: мікроелементи, гідрологічні сезони, урбанізована територія, поверхневий стік

Вступ. Мікроелементи є важливим компонентом хімічного складу річкових вод. В природних умовах основними джерелами їх надходження в річки є гірські породи і ґрунти, в умовах антропогенного навантаження значний внесок у цей процес належить стічним водам, промисловим і побутовим відходам, збагаченими мікроелементами техногенного походження. Більшість мікроелементів є біологічно активними, нестача і надлишок їх вмісту викликають порушення функціонування живих організмів.

Малі річки урбанізованої території зазнають найвищого антропогенного впливу, наслідками якого є високі рівні хімічного і теплового забруднення вод і донних відкладів, докорінні зміни гідрологічного і гідрохімічного режимів.

Аналіз попередніх досліджень. Гідролого-гідрохімічні особливості та екологічний стан річок урбанізованої території постійно привертають увагу дослідників. Вміст мікроелементів у воді річок зазвичай розглядається, як показник їх якісного стану [2, 4, 5, 8-10]

Разом з тим, власне режим мікроелементів, як динаміка вмісту, спричинена змінами водності і характеру їх надходження в річки, наразі досліджений недостатньо.

Метою дослідження є встановлення основних рис режиму мікроелементів (Cu, Cr, Ni, Zn, Pb) малих річок урбанізованої території з різним рівнем антропогенного навантаження на басейн.

Методика досліджень. У воді малих річок Чернівців - рр.Клокучка, Мольниця і Шубранець протягом 2008-2012 рр. проводились дослідження вмісту мікроелементів. Опробовування виконувались на двох створах – у верхів'ях річок і на гирлових ділянках. Валовий вміст мікроелементів визначався фотометричним методом згідно методик, наведених в [6]. Визначення концентрацій виконувалось за допомогою фотоелектричного фотометра КФК-3, аналітичні параметри застосованих методик наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Аналітичні параметри методик визначення валового вмісту мікроелементів [6].

Мікроелемент	Реактив, з яким виконувалось визначення концентрації	Межа чутливості, мг/дм ³	Діапазон концентрацій у пробі води, мкг/дм ³
Cu	диетилдитиокарбамат свинцю	0,002	0,2-80
Cr	дифенілкарбазид	0,02	1,0-50
Ni	диметилгліоксим	0,005	0,5-200
Zn	дитизон	0,005	5,0-500
Pb	сульфарсазен	0,005	0,5-50

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

Основні результати досліджень. Ряд мікроелементів, концентрації яких вивчались у руслових водах досліджуваних малих річок, включав п'ять важких металів: Pb, Cr, Cu, Ni, Zn. Такі мікроелементи, як Cu, Cr, Ni, Zn мають високу інтенсивність накопичення на територіях більшості міст [1], вони використовувались у технологічних процесах на промислових підприємствах міста Чернівці. Частина стічних вод цих підприємств, яка містила гальванічні стоки, скидалась в малі річки міста [7]. Основним джерелом надходження свинцю був ґрунтовий покрив, на окремих ділянках якого концентрації, сформовані під впливом викидів вихлопних газів автотранспорту, у десятки разів перевищували гранично допустимі [3].

Результати визначення концентрацій досліджуваних мікроелементів у воді верхніх ділянок течії досліджуваних річок наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Валовий вміст мікроелементів у воді верхніх ділянок малих річок м. Чернівці в різні гідрологічні сезони

Гідрологічний сезон	Річка, створ спостережень	Концентрація, мкг/дм ³				
		<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
Зимова межень	Клокучка - вул.Вижницька	<u>12-33*</u> 25,3	<u>3-6</u> 4,33	<u>4-11</u> 9,0	<u>9-18</u> 17,0	<u>8-29</u> 18,3
	Мольниця - вул.В.Винниченка	<u>12-29</u> 23,1	<u>3-15</u> 8,12	<u>5-16</u> 9,0	<u>16-37</u> 26,9	<u>14-29</u> 21,0
	Задубрівка - вул.Учительська	<u>7-27</u> 18,2	<u>4-7</u> 5,17	<u>2-12</u> 7,83	<u>9-19</u> 12,7	<u>10-30</u> 18,7
Весняне водопілля	Клокучка - вул.Вижницька	<u>19-48</u> 33,0	<u>4-9</u> 6,0	<u>8-13</u> 10,0	<u>12-19</u> 14,3	<u>21-24</u> 22,4
	Мольниця - вул.В.Винниченка	<u>15-34</u> 26,3	<u>2-9</u> 6,30	<u>12-35</u> 23,0	<u>24-90</u> 42,1	<u>24-51</u> 43,3
	Задубрівка - вул.Учительська	<u>13-26</u> 17,0	<u>4-9</u> 5,03	<u>4-16</u> 12,1	<u>8-17</u> 14,0	<u>11-33</u> 20,4
Літньо-осіння межень	Клокучка - вул.Вижницька	<u>13-31</u> 24,3	<u>4-8</u> 5,18	<u>4-12</u> 7,82	<u>8-25</u> 16,4	<u>13-41</u> 26,2
	Мольниця - вул.В.Винниченка	<u>18-29</u> 23,5	<u>2-15</u> 7,25	<u>6-30</u> 11,4	<u>14-41</u> 26,0	<u>12-58</u> 25,2
	Задубрівка - вул.Учительська	<u>14-25</u> 18,0	<u>2-8</u> 5,38	<u>4-13</u> 7,25	<u>10-19</u> 13,2	<u>12-34</u> 21,9

* - у чисельнику вказаний діапазон концентрацій, у знаменнику – її середнє значення

На верхніх ділянках течії у річки не скидались стічні води, основним джерелом надходження мікроелементів був поверхневий стік, більша частка об'єму якого формувалась під час весняного водопілля і дощових паводків. Аналіз даних табл.2 показує, що підвищення концентрацій усіх досліджуваних мікроелементів спостерігалось під час весняного водопілля, у зимові і літньо-осінні меженні періоди їх вміст був нижчим.

Найнижчі концентрації всіх мікроелементів спостерігались у воді р. Задубрівка, верхня частина течії якої дренає агропоселенську територію. Дещо вищим був їх вміст у воді р. Клокучка, верхня частина басейну якої зайнята під малоповерхову приватну житлову забудову з великими присадибними ділянками. Найвищі концентрації мікроелементів, особливо цинку, нікелю і міді, спостерігались під час весняного водопілля у воді р. Мольниця. Стік верхньої ділянки цієї річки формується на території старої багатоповерхової житлової забудови і майданчиків промислових підприємств, на одному з яких була дільниця

гальванопокриттів. Варіабельність концентрацій була більшою для мікроелементів, підвищений вміст яких формувався за рахунок надходження з техногенних джерел. Так, коефіцієнти варіації концентрацій міді, нікелю і цинку у воді р. Мольниця складала 0,60-0,68 при їх значеннях для річок з нижчим рівнем техногенного навантаження на басейни в межах 0,26-0,44 (табл.3).

Таблиця 3. Середні за період спостережень концентрації мікроелементів $\bar{C}$, мкг/дм³ у воді верхніх ділянок малих річок м.Чернівці

р. Клокучка - вул. Вижницька					
	<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
$\bar{C}$	27,3	5,68	9,86	16,6	22,5
C_V	0,27	0,26	0,48	0,34	0,44
р. Мольниця - вул. В. Винниченка					
	<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
$\bar{C}$	24,6	7,19	15,1	32,1	30,4
C_V	0,37	0,42	0,60	0,60	0,68
р. Задубрівка - вул. Учительська					
	<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
$\bar{C}$	19,6	5,21	9,11	13,8	21,1
C_V	0,33	0,31	0,40	0,30	0,44

C_V – коефіцієнт варіації

Для води верхніх ділянок досліджуваних річок не були характерними тісні зв'язки між концентраціями мікроелементів (табл.4-6).

Таблиця 4. Коефіцієнти парної кореляції концентрацій мікроелементів у воді р.Клокучка-вул.Вижницька

	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
<i>Pb</i>	0,28	0,36	0,26	0,10
	<i>Cr</i>	0,38	0,37	0,14
		<i>Cu</i>	0,49	0,41
			<i>Ni</i>	0,17

Таблиця 5. Коефіцієнти парної кореляції концентрацій мікроелементів у воді р.Мольниця-вул.В.Винниченка

	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
<i>Pb</i>	0,17	0,20	0,25	0,31
	<i>Cr</i>	0,20	0,20	0,14
		<i>Cu</i>	0,14	0,32
			<i>Ni</i>	0,22

Таблиця 6. Коефіцієнти парної кореляції концентрацій мікроелементів у воді р.Задубрівка-вул.Учительська

	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
<i>Pb</i>	0,32	0,22	0,40	0,22
	<i>Cr</i>	0,45	0,20	0,33
		<i>Cu</i>	0,44	0,17
			<i>Ni</i>	0,14

З урбанізованих частин басейнів мікроелементи надходять в річки як з поверхневим стоком, так і у складі стічних вод. Результати визначення вмісту досліджуваних важких металів у воді гирлових ділянок малих річок м. Чернівці наведені в табл. 7. Аналіз даних показує, що у воді гирлових ділянок всіх досліджуваних річок найвищі концентрації мікроелементів також спостерігались під час весняного водопілля.

Таблиця 7. Валовий вміст мікроелементів у воді гирлових ділянок малих річок м. Чернівці в різні гідрологічні сезони

Гідрологічний сезон	Річка, створ спостережень	Концентрація, мкг/дм ³				
		<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
Зимова межень	Клокучка - гирло	<u>22-44*</u> 32,8	<u>6-8</u> 7,12	<u>6-18</u> 14,0	<u>17-27</u> 20,3	<u>36-75</u> 60,7
	Мольниця - гирло	<u>17-32</u> 25,7	<u>12-35</u> 18,7	<u>19-53</u> 27,6	<u>103-195</u> 141	<u>81-123</u> 108
	Шубранець - гирло	<u>15-25</u> 20,0	<u>5-8</u> 6,0	<u>4-17</u> 9,80	<u>13-24</u> 19,0	<u>12-35</u> 23,4
Весняне водопілля	Клокучка - гирло	<u>21-53</u> 46,4	<u>5-10</u> 8,15	<u>6-38</u> 27,2	<u>15-55</u> 21,8	<u>23-31</u> 28,4
	Мольниця - гирло	<u>21-45</u> 38,7	<u>6-34</u> 16,0	<u>17-73</u> 47,4	<u>99-460</u> 212	<u>74-444</u> 201
	Шубранець - гирло	<u>14-27</u> 19,0	<u>6-9</u> 6,41	<u>7-18</u> 17,3	<u>9-24</u> 18,4	<u>17-38</u> 28,1
Літньо-осіння межень	Клокучка - гирло	<u>14-45</u> 33,5	<u>4-20</u> 8,54	<u>4-39</u> 13,1	<u>8-28</u> 18,9	<u>22-118</u> 39,2
	Мольниця - гирло	<u>10-40</u> 27,5	<u>15-34</u> 16,4	<u>13-38</u> 17,5	<u>43-254</u> 123	<u>52-395</u> 159
	Шубранець - гирло	<u>16-36</u> 24,3	<u>4-11</u> 7,27	<u>4-18</u> 10,9	<u>12-30</u> 20,9	<u>14-34</u> 25,6

* - у чисельнику вказаний діапазон концентрацій, у знаменнику – її середнє значення

Ступінь підвищення концентрацій (табл.8), визначався характером надходження мікроелементів, вищим він був для важких металів, основна частка яких надходила в річки у складі стічних вод, в умовах досліджень такими були мідь, хром, цинк і нікель.

У воді гирлових ділянок річок Клокучка і Мольниця концентрації хрому, нікелю і цинку підвищувались, у порівнянні з верхніми, на 107-419%. У тому випадку, коли більша частка мікроелементів надходила в річки з поверхневим стоком, їх концентрації підвищувались помірно. Так, для р. Шубранець, в яку протягом періоду досліджень скидались незначні об'єми стічних вод, в основному – комунально-побутових, концентрації досліджуваних мікроелементів підвищувались на 18-42%. Під час весняного водопілля концентрації нікелю і цинку у воді гирлової ділянки р. Мольниця підвищувались, відповідно, до 212 і 201 мкг/дм³. У даному випадку мало місце сумування концентрацій, сформованих за рахунок надходження у складі стічних вод і поверхневого стоку. У воді річок Клокучка і Мольниця, в які протягом періоду досліджень скидались неочищені стічні води міської каналізації, високі концентрації важких металів спостерігались і в меженні періоди. Причиною цього, за відсутності складової концентрації, сформованої за рахунок поверхневого стоку, було підвищення частки стічних вод в об'ємі стоку малих річок. Так, у маловодні меженні періоди частка стічних вод в об'ємі стоку річок Клокучка і Мольниця перевищувала 70% [7], аналогічна ситуація була

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

описана і іншими дослідниками [1]. За таких умов у воді гирлових ділянок річок Клокучка і Мольниця спостерігались високі концентрації міді і цинку (Ідив. табл.7), ступінь збільшення яких був вищим, ніж у періоди весняного водопілля (табл.8). У меженні періоди значним було і підвищення концентрації хрому, основним джерелом надходження якого також були стічні води каналізації. Найбільш високі концентрації свинцю формувались під час весняного водопілля, підвищення його вмісту, у порівнянні з фоновим, було помірним, в межах 18-40% (табл.8).

Таблиця 8. Підвищення вмісту мікроелементів, % у воді гирлових ділянок малих річок м.Чернівці, у порівнянні з верхніми, в різні гідрологічні сезони

Гідрологічний сезон	Річка, створ спостережень	Підвищення вмісту мікроелементів, %				
		<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
Зимова межень	Клокучка - гирло	29,6	64,4	55,6	19,4	237
	Мольниця - гирло	11,2	130	207	442	414
	Шубранець - гирло	9,89	16,0	25,2	49,6	25,1
Весняне водопілля	Клокучка - гирло	40,6	35,8	172	52,4	29,1
	Мольниця - гирло	47,1	154	107	403	364
	Шубранець - гирло	11,8	27,4	43,0	31,4	13,2
Літньо-осіння межень	Клокучка - гирло	37,9	64,9	67,5	15,2	49,6
	Мольниця - гирло	17,0	126	53,5	373	531
	Шубранець - гирло	35,0	35,1	50,3	43,2	16,9
У середньому за період спостережень	Клокучка - гирло	40,3	46,5	87,6	37,9	94,0
	Мольниця - гирло	25,6	140	107	374	419
	Шубранець - гирло	18,0	26,6	41,6	39,8	24,1

Внаслідок нерівномірності надходження мікроелементів у складі стічних вод помітно підвищувалась і варіабельність рядів їх концентрацій. Найбільше підвищення значень коефіцієнтів варіації концентрацій було характерним для гирлової ділянки р. Клокучка (табл.9).

Таблиця 9. Середні за період спостережень концентрації мікроелементів $\bar{C}$, мкг/дм³ у воді гирлових ділянок малих річок м.Чернівці

р.Клокучка-гирло					
	<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
$\bar{C}$	38,3	8,33	18,5	22,9	43,8
C_v	0,57	0,47	0,71	0,68	0,78
р.Мольниця-гирло					
	<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
$\bar{C}$	30,9	17,3	31,2	152	158
C_v	0,44	0,55	0,68	0,78	0,72
р.Шубранець-гирло					
	<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
$\bar{C}$	21,8	6,60	12,9	19,3	26,2
C_v	0,32	0,26	0,52	0,33	0,67

C_v – коефіцієнт варіації

Залежність концентрацій мікроелементів від водності більш чітко спостерігалась для річок, в які досліджувані мікроелементи надходили у складі поверхневого стоку з урбанізованої території.

У табл. 10 наведені значення коефіцієнтів кореляції концентрацій мікроелементів з витратами води гирлових ділянок малих річок.

Таблиця 10. Коефіцієнти кореляції зв'язків концентрацій мікроелементів з витратами води гирлових ділянок малих річок м.Чернівці

Річка, створ спостережень	<i>Pb</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
Клокучка - гирло	0,52	0,10	0,09	0,51	0,24
Мольниця - гирло	0,14	0,17	0,09	0,15	0,21
Шубранець - гирло	0,42	0,31	0,61	0,61	0,65

Аналіз даних табл. 10 показав, що більш тісні зв'язки концентрацій досліджуваних мікроелементів з водністю були характерними для р. Шубранець, коефіцієнти кореляції зв'язків концентрацій *Cu*, *Ni*, *Zn* з витратами складали 0,42-0,65, і були дещо нижчими для концентрацій свинцю. Вміст мікроелементів у воді гирлової ділянки цієї річки лінійно зростає з підвищенням водності, зв'язок між ними апроксимувався рівнянням прямої. На рис.1-3 показані залежності концентрацій міді, цинку і свинцю від витрат води гирлової ділянки р. Шубранець.

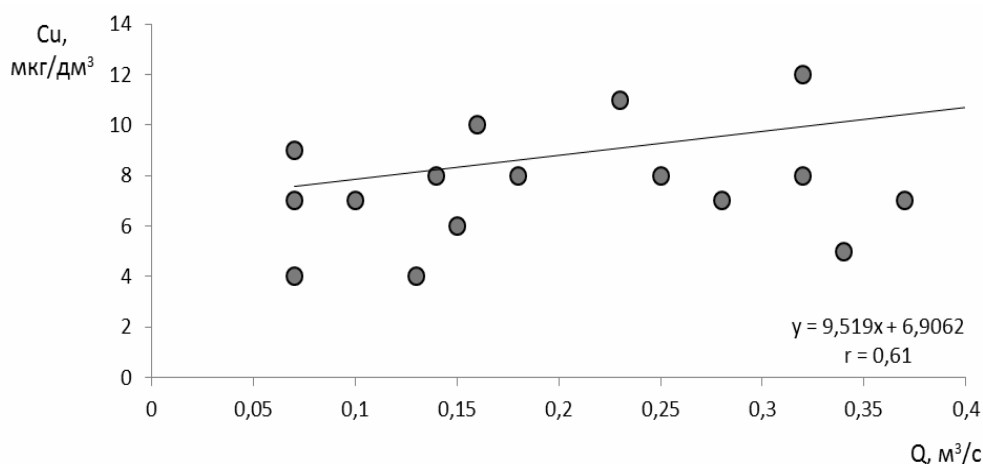


Рис.1. Залежність концентрації міді від витрати води р. Шубранець-гирло

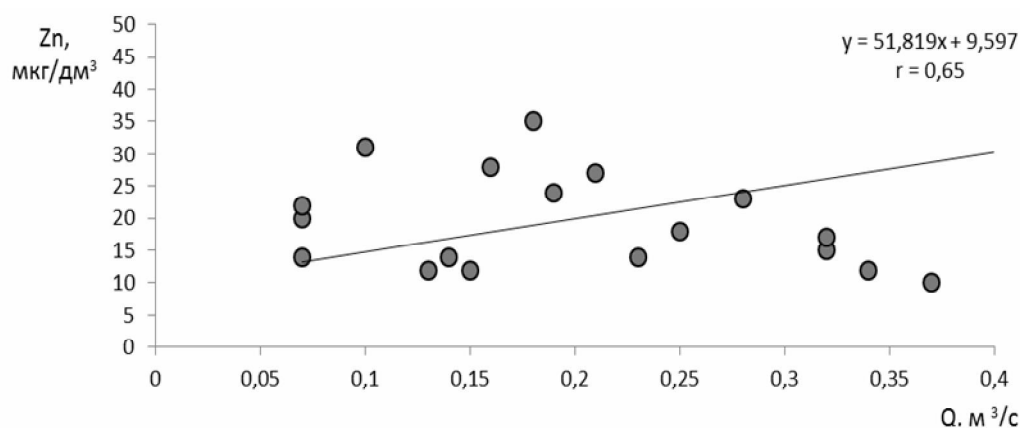


Рис.2. Залежність концентрації цинку від витрати води р. Шубранець-гирло

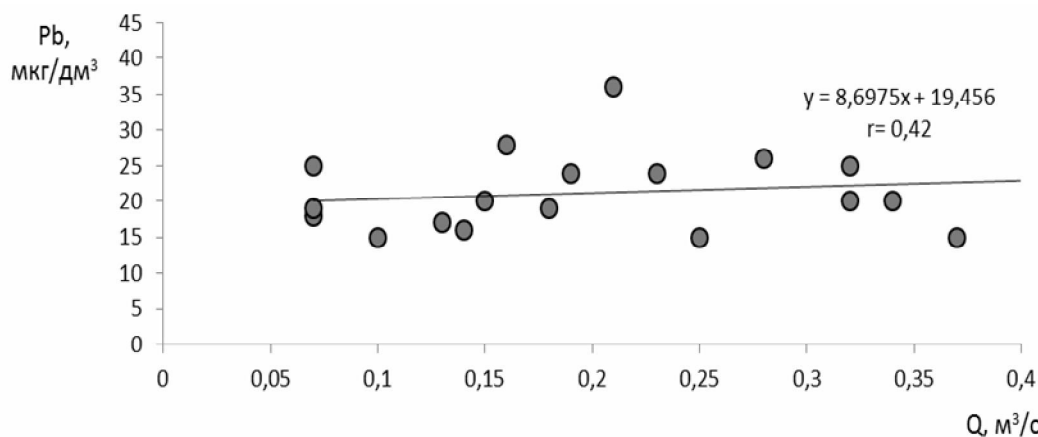


Рис.3. Залежність концентрації свинцю від витрати води р. Шубранець-гирло

Менш тісними були залежності вмісту від водності, при збереженні їх лінійного характеру, для мікроелементів, які надходили в річки як з поверхневим стоком, так і в невисоких концентраціях у складі стічних вод. Так, залежності концентрацій свинцю і нікелю від витрат води гирлової ділянки р.Клоучка (рис. 4, 5) характеризувались величинами коефіцієнтів кореляції 0,51-0,52.

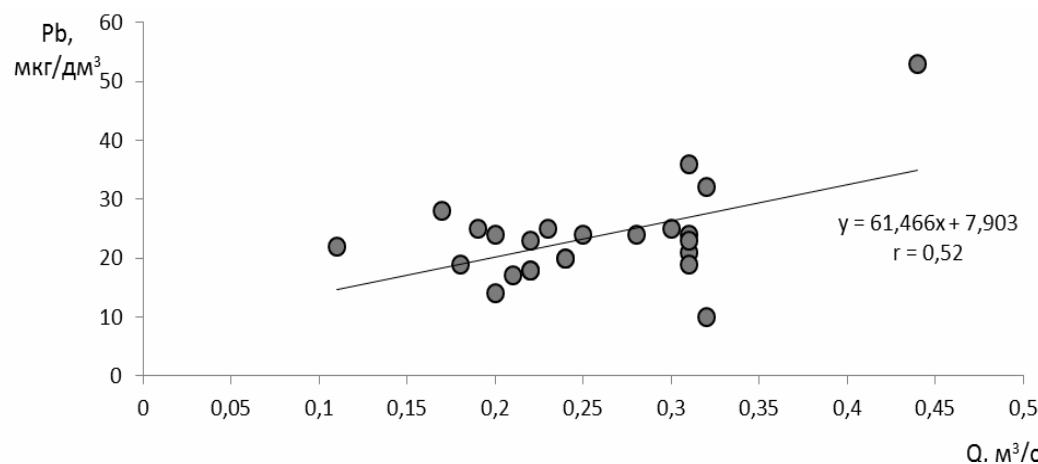


Рис.4. Залежність концентрації свинцю від витрати води р.Клоучка-гирло

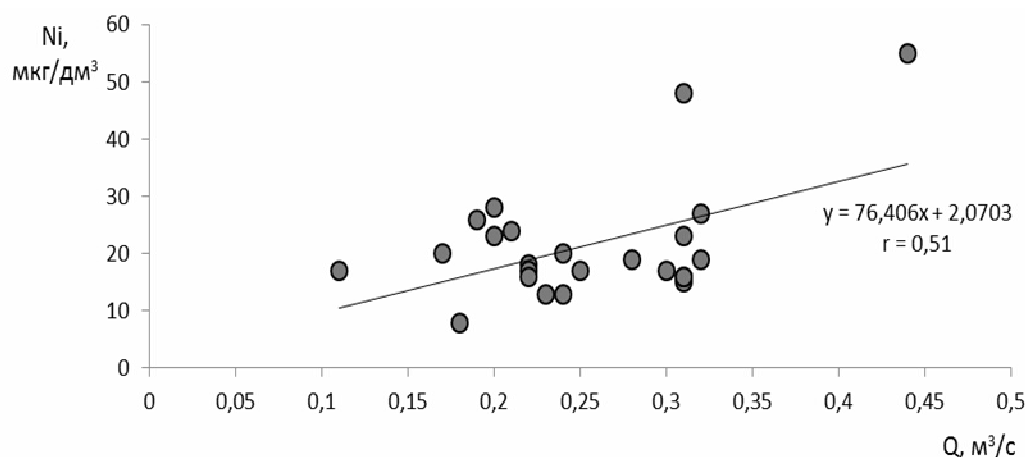


Рис.5. Залежність концентрації нікелю від витрати води р.Клоучка-гирло

Практично не спостерігались залежності концентрацій мікроелементів від витрат води річки, в яку вони надходили, в основному, у складі стічних вод. Так,

коефіцієнти кореляції зв'язків концентрацій усіх досліджуваних мікроелементів з витратами води гирлової ділянки р. Мольниця складала 0,09-0,21 (табл. 10).

У воді гирлових ділянок малих річок, у порівнянні з верхніми, дещо змінилась тіснота зв'язків концентрацій мікроелементів (табл.4-6, 11-13), односпрямована тенденція яких не була виявлена.

Таблиця 11. Коефіцієнти парної кореляції концентрацій мікроелементів у воді р.Клокучка-гирло

	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
<i>Pb</i>	0,37	0,22	0,36	0,20
	<i>Cr</i>	0,21	0,18	0,10
		<i>Cu</i>	0,26	0,46
			<i>Ni</i>	0,11

Таблиця 12. Коефіцієнти парної кореляції концентрацій мікроелементів у воді р.Мольниця-гирло

	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
<i>Pb</i>	0,50	0,14	0,10	0,26
	<i>Cr</i>	0,36	0,28	0,38
		<i>Cu</i>	0,26	0,41
			<i>Ni</i>	0,24

Таблиця 13. Коефіцієнти парної кореляції концентрацій мікроелементів у воді р.Шубранець-гирло

	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
<i>Pb</i>	0,28	0,25	0,43	0,37
	<i>Cr</i>	0,31	0,31	0,18
		<i>Cu</i>	0,37	0,33
			<i>Ni</i>	0,25

Порівняльний аналіз величин коефіцієнтів парної кореляції концентрацій для верхніх і гирлових ділянок показав, у деяких випадках, зменшення тісноти зв'язків, що можна пояснити порушенням природного характеру надходження мікроелементів, підвищення тісноти зв'язків може свідчити про надходження в річки у складі стічних вод важких металів, які спільно використовувались в технологічних процесах.

Висновки.

1. Основним джерелом надходження мікроелементів в руслові води верхніх ділянок малих річок був поверхневий стік, що визначило особливості сезонного ходу їх концентрацій з максимальними значеннями під час весняного водопілля і дощових паводків.

2. Варіабельність концентрацій була більшою для мікроелементів, основна частка вмісту яких формувалась за рахунок надходження з техногенних джерел.

3. Для вод верхніх ділянок малих річок не були характерними тісні зв'язки між концентраціями мікроелементів.

4. Вміст мікроелементів у воді гирлових ділянок малих річок помітно підвищувався, ступінь збільшення концентрацій був вищим для мікроелементів (Cu, Cr, Zn, Ni), основна частина яких надходила в річки у складі стічних вод.

5. Внаслідок нерівномірності надходження мікроелементів в складі стічних вод у водах гирлових ділянок річок помітно підвищилась варіабельність рівнів їх концентрацій.

6. Залежність концентрацій мікроелементів від водності була більш вираженою для річок, у які вони надходили, в основному у складі поверхневого стоку. Менш тісними були залежності вмісту від водності, при збереженні їх лінійного характеру, для мікроелементів, які надходили в річки як з поверхневим стоком, так і в складі стічних вод. Практично не спостерігалось залежності концентрацій мікроелементів від водності у водах гирлової ділянки річки з високим рівнем антропогенного впливу на басейн, у яку вони надходили, в основному, у складі стічних вод.

7. У воді гирлових ділянок малих річок змінилась тіснота зв'язків між концентраціями мікроелементів, тенденції змін були неоднаковими.

8. Особливості режиму мікроелементів малих річок урбанізованої території визначались антропогенними змінами характеру і об'ємів їх надходження у руслові води.

Список літератури

1. Геохимия окружающей среды / Саэт Ю. К., Ревич В. А., Янин Е. Н. и др. – М. : Недра, 1990. – 335 с. 2. Изучение концентраций тяжелых металлов в речном стоке с урбанизированных территорий / Ю. В. Гонтарь, К. Н. Крупский, В. А. Бочаров, В. В. Киселевский // Водные ресурсы. – 1983. - №4. – С. 89-95. 3. Гуцуляк В. М. Ландшафтна екологія / В.М.Гуцуляк. – Чернівці: Рута, 2002. -272 с. 4. Колесникова Е. В. Анализ антропогенной нагрузки малых рек г. Санкт-Петербурга (на примере рек Охта и Фонтанка) / Е. В. Колесникова, В. А. Шелутко // Тез. докл. VI Всерос. гидрол. съезда. Секция 4. Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны. – СПб. : Гидрометеиздат, 2004. – С. 84–85. 5. Кострова Е. А. Оценка загрязнения вод малых рек промышленных зон / Е. А. Кострова, В. Г. Гутниченко // Тез. докл. VI Всерос. гидрол. съезда. Секция 4. Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны. – СПб. : Гидрометеиздат, 2004. – С. 88–89. 6. Методы исследования качества воды водоёмов / Ю.В.Новиков, К.О.Ласточкина, З.Н.Болдина ; под ред. А. П. Шицковой. – М. : Медицина, 1990. – 400 с. 7. Николаєв А. М. Гідролого-геохімічна оцінка стану річок урбанізованої території (на прикладі м. Чернівці) / А. М. Николаєв. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2011. – 216 с. 8. Оценка экологического состояния реки Охта на основе комплексных исследований / Шелутко В. А., Скакальский Б. Г., Гальцова В. В. и др. // Тез. докл. VI Всероссийского гидрологического съезда. Секция 4. Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны. – СПб: Гидрометеиздат, 2004. – С. 284–285. 9. Ровинский Ф. Я. Прогноз качества речной воды в период весеннего половодья / Ф. Я. Ровинский, З. Л. Синицына // Метеорология и гидрология. – 1979. - №8. – С.74-78. 10. Шелутко В.А. Оценка экстремальных уровней загрязнения речной сети и водоемов урбанизированных территорий / В.А. Шелутко // Тез.докл.VI Всерос. гидрол. съезда. Секция 4. Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны. – СПб. : Гидрометеиздат, 2004. – С. 59–60.

Режим мікроелементів малих річок міста Чернівці

Николаєв А.М., Шевчук Ю.Ф.

Досліджено режим мікроелементів (Cu, Cr, Ni, Zn, Pb) малих річок міста Чернівці. Встановлено особливості залежності концентрацій мікроелементів від водності для ділянок річок з різними рівнями антропогенного навантаження на басейн і джерелами їх надходження.

Ключові слова: мікроелементи, гідрологічні сезони, урбанізована територія, поверхневий стік.

Режим микроэлементов малых рек города Черновцы

Николаев А.Н., Шевчук Ю.Ф.

Исследован режим микроэлементов (Cu, Cr, Ni, Zn, Pb) малых рек города Черновцы. Установлены особенности зависимости концентраций микроэлементов от водности участков рек с разными уровнями антропогенной нагрузки на бассейн и источниками их поступления.

Ключевые слова: микроэлементы, гидрологические сезоны, урбанизированная территория, поверхностный сток.

Mode microelements of the small rivers of Chernivtsi

Nikolaev A. M., Shevchuk Y.F.

Modes of microelements (Cu, Cr, Ni, Zn, Pb) of the small rivers of the city of Chernovtsy was studied. The peculiarities of the concentration of microelements from the water content of river sections with different levels of anthropogenic impact on the basine and the sources of their income.

Keywords: microelements, hydrological seasons, urbanized land, surface runoff.

Надійшла до редколегії 26.06.2013

УДК 556.114

Шупілова А. В., Курило С. М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ЗМІНИ БАГАТОРІЧНИХ ЗНАЧЕНЬ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ І ВМІСТУ ГОЛОВНИХ ІОНІВ У ВОДІ РІЧКИ ЗАХІДНИЙ БУГ – П. КАМ'ЯНКА-БУЗЬКА

Ключові слова: мінералізація, концентрація головних іонів, багаторічні зміни

Вступ. XX століття і особливо його друга половина характеризувалися відчутними кліматичними змінами та підвищенням антропогенного навантаження на басейни річок. Це, як наслідок, вплинуло на чинники формування стоку річок, їх гідролого-гідрохімічний режим, гідроекологічний стан. Враховуючи важливість оцінок спрямованості та ступеню змін параметрів стоку, гідрологічного і гідрохімічного режимів річок в останні роки наукові дослідження спрямовуються на проведення комплексних клімато-гідрологічних і гідрохімічних робіт [6].

Вкрай актуальним стала необхідність досліджень етапів довгострокових змін кількісних і якісних характеристик гідрохімічного режиму річкових вод. Слід відзначити, що зміни хімічного складу природних вод відбуваються у прямому зв'язку зі змінами коливань річкового стоку. Зміни мінералізації, а також концентрацій головних іонів необхідно розглядати враховуючи фази водності річок (водопілля, літньо-осіння і зимова межень).

Формування цілей виконаної роботи, постановка завдання. Метою досліджень є оцінка якісних і кількісних змін гідрохімічного режиму річки Західний Буг по гідрологічному посту м. Кам'янка-Бузька за період з 1961-2011 рр. З методичного боку трансформація хімічного складу оцінюється за наступними напрямками: зміна загальних кількісних характеристик (мінералізація, вміст головних іонів) та зміна іонного складу на якісному рівні. Для оцінки іонного складу була використана модернізована класифікація природних вод за хімічним складом О.О. Алекіна, де індикатором трансформації є зміна класифікаційних ознак [4]. Оцінка якості води р. Західний Буг за показниками сольового складу, зважаючи на її транскордонний характер, виконувалась згідно вимог Водної Рамкової Директиви (ВРД) [3].

Вихідними матеріалами для виконаної роботи послуговували дані Центральної геофізичної обсерваторії.

Виклад основного матеріалу. Використані вихідні дані були згруповані, виходячи з фаз водності (водопілля, літньо-осіння і зимова межень). Були проаналізовані середньорічні значення мінералізації, а також вміст головних іонів за досліджувані роки та різні фази водності.

Встановлено, що найменші абсолютні значення мінералізації становлять 345 мг/дм^3 (1964 р.), а найбільші - 804 мг/дм^3 (1988 р.). В цілому прослідковується збільшення середньорічних значень мінералізації в межах 3-4 річних періодів. Коливання мінералізації води в середньому відбувалися в межах від 470 мг/дм^3 до 671 мг/дм^3 . Прослідковуючи за лінією тренду, можна зробити висновок, що середньорічні значення мінералізації мають тенденцію до зростання (рис. 1).

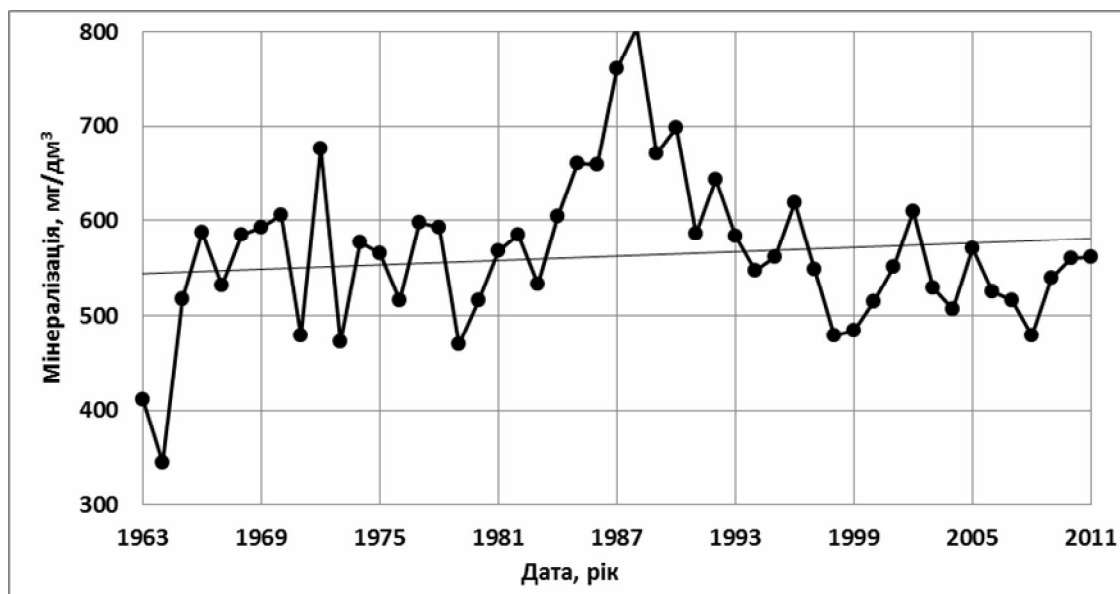


Рис.1. Середньорічні значення мінералізації води р. Західний Буг - п. Кам'янка-Бузька за період досліджень

За отриманим графіком в коливаннях середньорічних значень мінералізації можна виділити два періоди: з 1961 до 1988 рр., що характеризується зростанням середньорічних значень мінералізації з 345 мг/дм^3 до 804 мг/дм^3 (мінералізація зросла у 2,3 рази), а також з 1988 до 2010 рр., період спаду значень мінералізації з 804 мг/дм^3 до 480 мг/дм^3 (зменшення у 1,7 рази). Піковим можна вважати 1988 рік. Зміни мінералізації води відбувалися за рахунок зростання вмісту іонів легкокорозивних солей, зокрема SO_4^{2-} , Cl^- , та катіонної пари «Na+K».

Зміни середньорічних значень мінералізації води у різні фази водності також характеризуються певними закономірностями. Найменші значення мінералізації спостерігаються в період водопілля. З 1961 до 1972 рр. прослідковується незначне зростання середньорічних значень мінералізації, з 1972 до 1988 рр. відбувся стрибок мінералізації, а з 1988 до 2011 рр. знову спостерігається її зменшення (рис. 2). Загалом коливання середньорічних значень розчинених мінеральних речовин у воді р. Західний Буг коливалося в межах від 408 мг/дм^3 до 594 мг/дм^3 .

Для меженних періодів спостерігається менша кількість розчинених мінеральних речовин.

В період літньо-осінньої межень найбільше абсолютне значення становить 786 мг/дм^3 (1988 р.), найменше – 443 мг/дм^3 (1964 р.). В загальному плані значення мінералізації у період літньо-осінньої межень коливалося в межах від 494 мг/дм^3 до 680 мг/дм^3 (рис. 3).

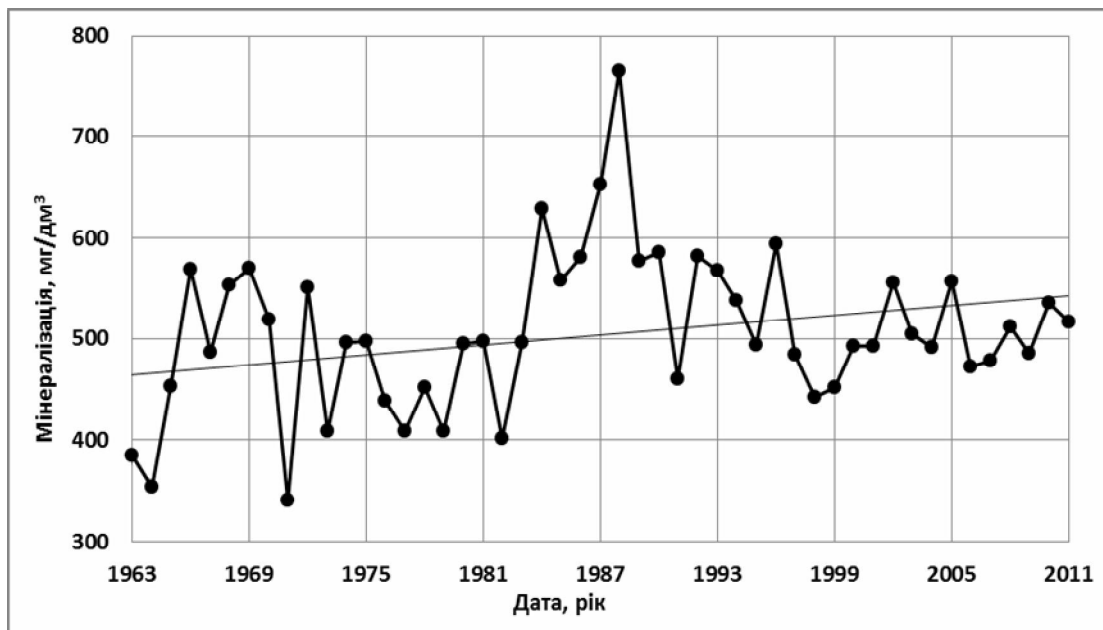


Рис.2. Середньорічні значення мінералізації води за період весняного водопілля р. Західний Буг - п. Кам'янка-Бузька.

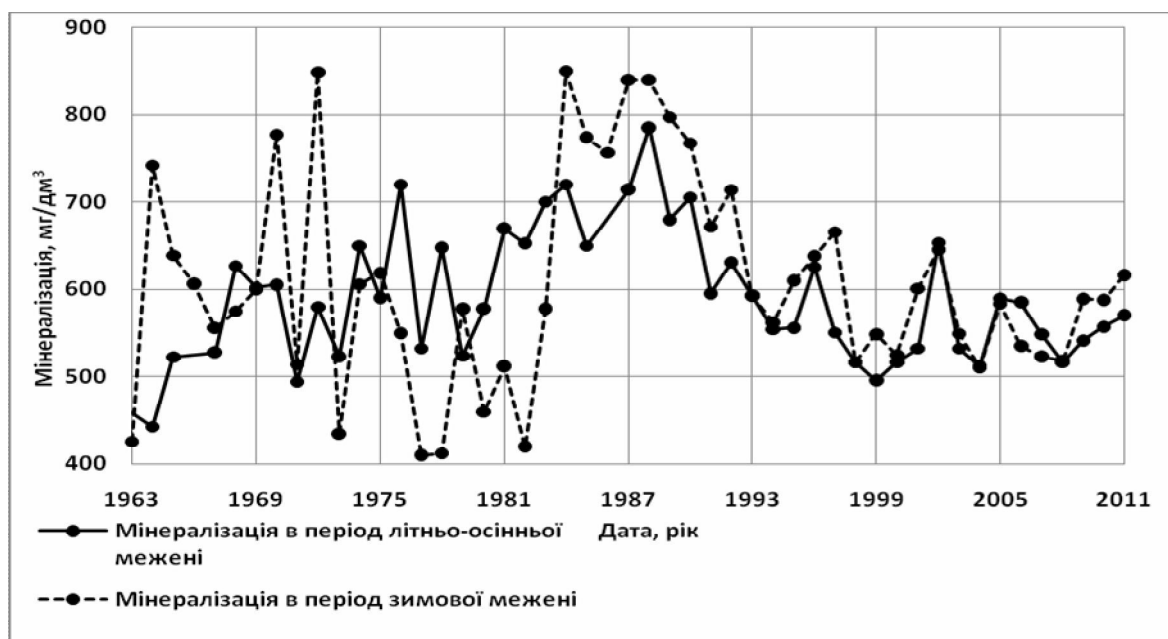


Рис.3. Середньорічні значення мінералізації води за період літньо-осінньої і зимової межені р. Західний Буг – п. Кам'янка-Бузька

Слід відзначити, що абсолютна максимальна величина показника мінералізації для зимової межені становить 850 мг/дм^3 і є більшою, ніж для літньо-осінньої межені. Найменше значення мінералізації в цей період було зафіксовано у 1977 р. і становило 410 мг/дм^3 . Зміни досліджуваного показника за період 1964-1988 рр. свідчать про збільшення значення мінералізації, а з 1988 і до 2011 рр. прослідковується її повільне зменшення. В цілому за досліджуваний період мінералізація знизилася з 778 мг/дм^3 до 646 мг/дм^3 .

Отже, характер зміни середньорічних значень мінералізації у літньо-осінній період є таким же як і в період зимової межені, тобто відбувається повільне зниження концентрації розчинених мінеральних речовин у водах р. Західний Буг.

Для оцінки іонного складу води р. Західний Буг була використана модернізована класифікація природних вод за хімічним складом О.О. Алекіна, де індикатором трансформації є зміна класифікаційних ознак [4].

Надання класу, типу, групи проводилося для кожного 5-ого року протягом з 1961-2011 рр. (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація води за середньорічними значеннями вмісту головних іонів в різні фази водності р. Західний Буг - п. Кам'янка-Бузька за період з 1961-2011рр.

<i>Рік</i>	<i>Середньорічні показники</i>	<i>Весняне водопілля</i>	<i>Літньо-осіння межень</i>	<i>Зимова межень</i>
1961	$C_{IIb}^{Ca, Na}$	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIa}^{Ca}	$C_{IIb}^{Ca, Na}$
1966	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	$C_{IIb}^{Ca, Mg}$	C_{IIb}^{Ca}
1971	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}
1976	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}
1981	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	$C_{IIb}^{Ca, Na}$
1986	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	$C_{IIb}^{Ca, Na}$	$C_{IIb}^{Ca, Na}$
1988	C_{Ib}^{Na}	C_{Ib}^{Ca}	C_{Ib}^{Na}	C_{Ib}^{Na}
1991	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}
1996	$C_{IIb}^{Ca, Na}$	C_{IIb}^{Ca}	$C_{IIb}^{Ca, Na}$	C_{IIb}^{Ca}
2001	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}
2006	C_{IIa}^{Ca}	C_{IIa}^{Ca}	C_{IIa}^{Ca}	C_{IIa}^{Ca}
2011	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIa}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}	C_{IIb}^{Ca}

За отриманими результатами в досліджувані роки за переважаючим іоном вода відносилася до гідрокарбонатного класу, група води - кальцієва, переважаючим є II б тип, який характерний для більшості вод річок території України. В 2006 р. вода відносилася до II а типу, тобто вміст гідрокарбонатів перевищував 75%. В 1998 р. відбулася зміна типу води на I б, що свідчить про наявність у воді значної кількості натрію та калію. Отже, можна зробити висновок, що вода р. Західний Буг – п. Кам'янка-Бузька у більшості випадків є гідрокарбонатного кальцієвою, гідрокарбонатно-кальцієво-натрієвого типу, тобто тип води може істотно змінюватися у різні фази водності.

Однією з причин формування такого хімічного складу річкових вод є особливості широко розповсюджених регіональних ґрунтів і характерна особливість геологічної будови водозбору Західного Бугу, де залягають карбонатні породи верхньої крейди, представлені сильно тріщинуватими і закарстованими вапняками, мертелями і сипучою крейдою [5].

Згідно ВРД для кожного виду вод застосовуються конкретні вимоги стосовно елементів фізико-хімічної якості і показників мінералізації зокрема. До показників згідно [3] належать наступні характеристики: мінералізація, вміст сульфатів, хлоридів, іонів кальцію та магнію. Оцінка якості вод виконується окремо для кожного з зазначених показників без наступного визначення інтегральної оцінки. Згідно вимог ВРД виділяють 5 класів: клас I (води дуже доброї якості), клас II (води доброї якості), клас III (води задовільної якості), клас IV (води незадовільної якості), клас V (води поганої якості). Надання класу якості по фізико-хімічній показникам мінералізації проводилося для кожного 5-ого року в проміжку дослідження з 1961-2011 рр. (табл.2).

Таблиця 2. Класифікація води р. Західний Буг в п. Кам'янка-Бузька за ВРД за період 1961-2011рр.

Рік	Мінералізація		Сульфати		Хлориди		Кальцій		Магній	
	мг/дм ³	клас	мг/дм ³	клас	мг/дм ³	клас	мг/дм ³	клас	мг/дм ³	клас
1961	746	II	75	I	58	I	125	III	12	I
1966	588	II	70	I	34	I	110	III	8	I
1971	479	II	69	I	46	I	86	II	14	I
1976	516	II	70	I	51	I	80	II	21	I
1981	568	II	109	II	68	II	79	II	14	I
1986	659	II	71	I	63	I	112	III	36	II
1988	804	III	217	III	48	I	89	II	11	I
1991	586	II	46	I	74	I	115	III	13	I
1996	619	II	49	I	63	I	100	III	15	I
2001	550	II	89	I	42	I	108	III	5	I
2006	524	II	27	I	33	I	103	III	12	I
2011	561	II	56	I	32	I	116	III	13	I

Висновки. З 1961 до 2011 рр. середньорічні значення мінералізації води річки Західний Буг – п. Кам'янка-Бузька поступово зростають.

В зміні середньорічних значень мінералізації води можна виокремити два періоди: період поступового зростання мінералізації з 1961 до 1988 рр. зі сталим гідрокарбонатно - кальцієвим складом води - $С_{II6}^{Ca}$.

Другий період (з 1988 до 2011 рр.) відзначається зменшенням значень мінералізації, але суттєвих змін на якісному рівні не відбулося.

У різні фази водності найбільші зміни цього показника були характерні в періоди літньо-осінньої і зимової межени. У 1966 р. досліджувані води характеризувалися належністю до гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого типу. Основним чинником зміни якісного і кількісного складу вивчених річкових вод є різке збільшення вмісту іонів натрію, хлоридних та сульфатного іонів, що спричиняє і значне коливання відповідних середньорічних показників [4].

Список літератури

1. Забокрицька М. Р. Гідроекологічний стан басейну Західного Бугу на території України / Забокрицька М. Р., Хільчевський В. К., Манченко А. П. – К. : Ніка Центр, 2006. – 184 с.
2. Закревський Д. В. Сток химических компонентов рек Украинской ССР / Закревский Д. В., Пелешенко В. И., Хильчевский В. К. // Водные ресурсы. – 1988 - Т.15, №6. – С.63-73.
3. Ковальчук І. П. Гідрологічний аналіз басейнової системи Західний Буг // Гідрологія, гідрохімія та гідроекологія / Ковальчук І.П., Курганевич Л. М., Михнович А. В. – 2002. – Т.4. – С. 89–100.
4. Курило С. М. Аналіз багаторічних змін мінералізації і вмісту головних іонів у воді лівобережних приток басейну Дніпра / С. М. Курило // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т.24. – С.9-17.
5. Осадчий В.І. Основні тенденції формування хімічного складу поверхневих вод України у 1995-1999 рр. / В. І. Осадчий // Труды УкрНДГМІ. – 2001. – Т.48. – С.138-153.
6. Хільчевський В. К. Загальна гідрохімія / В. К. Хильчевський., В. І. Пелешенко. – К. : Либідь, 1997. – 384 с.

Зміни багаторічних значень мінералізації і вмісту головних іонів у воді річки Західний Буг – п. Кам'янка-Бузька

Шипілова А.В., Курило С.М.

Проведений аналіз багаторічних змін гідрохімічного режиму річки Західний Буг в п. Кам'янка-Бузька, використана модернізована класифікація природних вод за хімічним складом О.О. Алектіна, класифікація вод згідно ВРД.

Ключові слова: мінералізація, концентрація головних іонів, багаторічні зміни.

Изменения многолетних значений минерализации и содержания главных ионов реки Западный Буг – п. Каменка-Бугская

Шипилова А.В., Курило С.М.

Проведен анализ многолетних изменений гидрохимического режима реки Западный Буг – п. Каменка-Бугская, использована модернизированная классификация природных вод за химическим составом О.О. Алектіна, классификация вод в соответствии с ВРД.

Ключевые слова: минерализация, концентрация главных ионов, многолетние изменения.

Dynamics of a chemical compound of water of the river Western Bug – Kamenka-Bugska

Shipilova A., Kurilo S.

It is investigated dynamics of change of a chemical compound of waters of the river Western Bug – Kamenka-Bugska, a modernized classification of the natural waters of the chemical composition O.O. Alekin was used to determine the changes in the chemical composition, classification of waters according WFD.

Keywords: salinity, concentration of major ions, long-term changes.

Надійшла до редколегії 20.10.2013

УДК 556.531.4

Кирилюк О.В.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ОЦІНКА ГІДРОХІМІЧНОГО СТАТУСУ ВОД МАЛИХ РІЧОК БАСЕЙНУ ВЕРХНЬОГО ПРУТУ (на прикладі річок Гуків, Дерелуй та Виженка)

Ключові слова: якість, ВРД ЄС, води, класифікація

Вступ. Використання положень Водної Рамкової Директиви (ВРД, [1]) у дослідженні транскордонних річкових басейнів зарекомендувало себе як досить перспективний напрямок. До того ж, в умовах зростаючої уваги до басейнових систем, одним з індикаторів стану яких є якість річкових вод, актуальним є порівняння різних підходів до оцінки гідрохімічного статусу вод.

Об'єктом дослідження у даній роботі є малі річки басейну Верхнього Пруту, а саме – рр. Гуків, Дерелуй та Виженка, **предметом** – гідрохімічний статус водних тіл. **Актуальність** роботи полягає у необхідності узгодження сумісних дій та вдосконалення співробітництва між Україною та Румунією у спільному управлінні басейновою системою Пруту і якістю її води зокрема.

Аналіз існуючих досліджень. Соловей Т.В. виконано дослідження хімічного складу вод малих річок басейну верхнього Пруту в меженний період і вперше здійснено гідрохімічне районування цієї території [6]. Гончар О.М. проведено оцінку гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод басейну Дністра як транскордонного, де визначено якість річкових вод за методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями [2]. Попередніми

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

дослідженнями Кирилюк О.В. з вивчення суббасейнів Верхнього Пруту закладено фундамент для вивчення водних тіл згідно Водної рамкової Директиви, проведено оцінку гідроморфологічної якості басейнів Гукова, Дерелую та Виженки за прийнятими класами [3, 4]. Однак дане дослідження видається неповним без врахування фізико-хімічних та біологічних показників, зроблені у даному та наступних дослідженнях.

Виклад основних положень. Визначаючи гіdroхімічний статус використовувалося 3 методики – визначення індексу забрудненості води, визначення інтегрального екологічного індексу та оцінка води за класами якості, запропонована ВРД. Першопочаткова оцінка якості води проводилася нами за гіdroхімічними показниками, згідно з якими розраховувався індекс забрудненості вод (ІЗВ) і визначався відповідний клас якості води (табл. 1). Розрахунок ІЗВ є одним із комплексних критеріїв якості води водного об'єкту, який визначається за певною кількістю показників (у нашому випадку $n=6$).

Таблиця 1. Значення ІЗВ для малих річок басейну Верхнього Пруту

Річка \ Фаза ВР	Зимова межень	Весняна повінь	Літньо-осіння межень
Гуків	0,59	0,94	1,22
<i>клас якості води</i>	<i>II</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
Дерелую	0,65	0,88	1,43
<i>клас якості води</i>	<i>II</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
Виженка	0,22	0,24	0,46
<i>клас якості води</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>II</i>

Згідно визначеним індексам, вода у річках Гукова, Дерелую відноситься до помірно забрудненої (III клас якості) і до чистої (II клас якості) у Виженки.

Також для дослідження якості води у роботі була прийнята «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (1999), яка задовольняє вимоги українського природоохоронного законодавства (табл. 2) [8].

Таблиця 2. Об'єднана екологічна оцінка якості води досліджуваних річок за середніми значеннями інтегрального екологічного індексу

Річка	Блокові індекси			Об'єднана оцінка				Характеристика	
	I_1	I_2	I_3	I_{EI}	Категорія	Субкатегорія	Клас якості	Екологічний стан	Ступінь чистоти
Гуків	3,4	3,6	3,3	3,4	4	4 (3)	III	Забруднені	Слабко забруднена
Дерелуй	4,7	4,3	3,5	4,2	5	5 (4)	III	Забруднені	Помірно забруднена
Виженка	1,8	2,1	2,5	2,1	3	3	II	Чисті	Чисті

Критеріальною основою є система екологічних класифікацій, що ґрунтуються на основі блокових (сольовий склад, показники токсичного впливу, трофосапробіологічні показники) та інтегральних екологічних індексів (I_{EI}).

Відповідно до цієї методики проведено оцінку якості річкових вод басейнів Гукова, Дерелую та Виженки (табл. 3). За значеннями мінералізації води річок

Гукова та Дерелую відносяться до солонуватих вод (β -мезогалінних), води Виженки віднесені до прісних вод (гіпогалінних).

Таблиця 3. Класи та категорії якості поверхневих вод річок Гукова, Дерелую та Виженки за екологічною класифікацією

Назва класу та категорії якості		р. Гуків	р. Дерелуй	р. Виженка
Стан	Клас	Задовільні	Задовільні	Добрі
	Категорія	Задовільні	Посередні	Дуже добрі
Ступінь чистоти	Клас	Забруднені	Забруднені	Чисті
	Категорія	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Чисті
Трофність	Клас	Евтрофні	Евтрофні	Мезотрофні
	Категорія	Евтрофні	Евтрофні	Мезоевтрофні
Сапробність	Клас	β -мезосапробні	β -мезосапробні	β -мезосапробні
	Категорія	β'' -мезосапробні	β'' -мезосапробні	β' -мезосапробні

Виконана оцінка якості поверхневих вод у досліджуваних басейнах виявила забруднення води розчинними органічними речовинами, біогенними елементами (сполуками фосфору) та важкими металами (цинк, мідь, хром).

Проведена оцінка гідрохімічного статусу за ІЗВ та ІЕІ показала ідентичні результати у належності вод до класів якості, правда ІЕІ дозволив виділити у класі «забруднені води» точнішу градацію для річок Гуків та Дерелуй (категорії 4 і 5, субкатегорії 4(3) та 5(4) відповідно). Однак у країнах ЄС оцінка фізико-хімічного статусу водних об'єктів у першу чергу здійснюється із врахуванням вимог ВРД, що передбачає використання 5-ти класів якості. У зв'язку із транскордонним розміщенням басейну Пруту, використовуємо цей підхід. Якість води річок басейнів Гукова, Дерелую та Виженки оцінювалася на основі узагальнення результатів спостережень під час власних польових експедиційних досліджень – для Гукова у 2005 та 2011 роках, для Дерелую та Виженки у 2006 та 2012 роках (табл. 4), відбору та аналізу проб води, бази даних геохімічної лабораторії кафедри фізичної географії та раціонального природокористування географічного факультету Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича та гідрохімічної лабораторії Науково-дослідного інституту медико-екологічних проблем (м. Чернівці).

Оцінка хімічного статусу водних об'єктів здійснювалася з врахуванням найгіршого класу якості води за певним показником. Взявши до уваги двоетапність виконання дослідження, варто відмітити зміни деяких показників у сторону погіршення класу якості. У цілому клас якості води річок оцінюється як: «задовільний» для Гукова та Дерелую на 2-х етапах, «відмінний» для Виженки у 2006 році та «добрий» у 2012 році.

За найгіршими показниками для річки Гуків у 2005 році характерний IV клас якості («поганий»), у 2011 році – вже V («дуже поганий»), для річки Дерелуй як був у 2006 році, так і залишився у 2012 році V клас якості. Річка Виженка змінила клас якості з III («задовільний») у 2006 році на IV («поганий») у 2012 році. Зміни відбулися в основному за рахунок збільшення вмісту біогенних елементів (сполук азоту та фосфору) та важких металів.

**Таблиця 4. Якісна оцінка вод басейнів малих річок транскордонного басейну
Пруту за класами (згідно з ВРД)**

Показники	1-ий етап				2-ий етап			
	р. Гуків	р. Дерелуй		р. Виженка	р. Гуків	р. Дерелуй		р. Виженка
		1	2			1	2	
1 – Органічні та окиснювані речовини								
Кисень розчинний	I	I	I	II	I	I	I	II
БСК ₅	II	II	III	II	II	II	II	II
2 – Азотовмісні речовини								
Азот амонійний	II	II	II	I	II	II	II	I
Азот нітритний	I	II	II	I	II	II	II	I
3 – Нітрати								
Азот нітратний	II	II	II	I	III	III	III	I
4 – Фосфоровмісні речовини								
Загальний фосфор	IV	V	V	I	V	V	V	II
Фосфор фосфатний	IV	V	V	I	V	V	V	II
5 – Зважені речовини								
Зависі *	IV	V	V	II	V	V	V	IV
6 – Мінералізація								
Хлориди*	I	I	II	I	II	II	II	I
Сульфати*	III	IV	IV	II	III	IV	IV	II
Кальцій*	II	II	II	I	II	II	II	I
Магній*	II	III	II	II	II	III	II	II
7 – Окислення								
pH	7,8	8,0	7,6	7,92	7,5	7,9	7,3	7,7
8 – Метали (розчинні)								
Цинк*	III	V	V	I	IV	V	V	II
Мідь*	II	V	V	I	III	V	V	II
Хром (загальний)*	III	V	V	II	III	V	V	II
Залізо*	I	I	I	I	I	I	I	I
9 – Гідробіологія								
Фітоперифітон Індекс сапробності	III	II	III	I	III	III	III	III
Макрозообентос Біотичний індекс за Вудівісом*	III	III	III	I	III	III	III	III
10 – Забруднюючі речовини								
Нафто-продукти*	II	II	III	I	III	III	III	I
Загальний клас якості	III	III	III	I	III	III	III	II
Клас якості за найгіршим показником	IV	V	V	II	V	V	V	III

Примітка. * - визначення хімічного статусу води проводилося за допомогою уточненої методики [7]

Вважаємо, що необхідно узгодити періодичність визначення речовин (від 1 разу у місяць до 1 разу у рік залежно від типу речовини) у річкових водах на офіційному рівні країн-сусідів та створення організації з контролю за дотриманням вимог водного законодавства країн ЄС, ВРД та Водного Кодексу України.

На досліджуваних річках практично відсутні прибережні захисні смуги (крім заповідної зони басейну річки Виженки), відбувається неконтрольований скид вод мешканцями сіл у межах басейнів, стихійне розміщення каналізації, миття автотранспорту у непризначених для цього місцях. Згідно одержаних оцінок для даних водних об'єктів повинні бути розроблені заходи з покращення якості їх води. Можливими шляхами вирішення даної проблеми є облаштування законодавчо встановлених прибережних захисних смуг і відповідних заборонних та попереджувальних знаків, накладення штрафів на порушників. Правило «Забруднювач платить» навряд чи можливо виконати в умовах досліджуваних басейнів, оскільки дії населення стихійні і через відсутність зафіксованих на папері та законодавчо встановлених ПЗС неможливо довести їх протизаконні дії.

Висновки. Якість води річок Гукова, Дерелую та Виженки згідно з «Екологічною оцінкою якості поверхневих вод» за середніми значеннями інтегральних екологічних індексів Іе характеризується наступним чином: вода річки Гуків відноситься до 4 категорії III класу якості вод («забруднена» за екологічним станом, «слабко забруднена» за ступенем чистоти); вода річки Дерелуй – до 5 категорії III класу якості вод («забруднена» за екологічним станом, «помірно забруднена» за ступенем чистоти); вода річки Виженки – до 3 категорії II класу якості вод («чиста» за екологічним станом, «чиста» за ступенем чистоти).

Оцінка гідрохімічного статусу річок за *методикою*, запровадженою у країнах Європейського Союзу, дала наступні результати – води річок Гукова та Дерелую відносяться до «задовільного» класу якості, води річки Виженки змінили свій стан з «відмінного» у 2006 р. на «добрий» у 2012 р.

Список літератури

1. *Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС*. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – 240 с.
2. *Гончар О. М.* Оцінка гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод басейну Дністра на території України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія / Олеся Миколаївна Гончар ; Чернівецький нац. ун-тет ім. Ю. Федьковича. – Чернівці, 2012. – 20 с.
3. *Кирилюк О.В.* Антропогенізація ландшафтів водозбірних басейнів Дерелую та Виженки / О. В. Кирилюк // Науковий вісник Чернівецького університету: – 2012. – Вип.614-615 : Географія. – С. 50–53.
4. *Кирилюк О. В.* Геогідроморфологічне обґрунтування методики оцінки стану басейнових систем малих річок (на прикладі річок Гукова, Дерелую та Виженки) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія / Олена Володимирівна Кирилюк ; Чернівецький нац. ун-тет ім. Ю. Федьковича. – Чернівці, 2013. – 20 с.
5. Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять / [Под общ. ред. М.Ю.Калинина, А.Г. Ободовского]. – Минск : Белсэкс, 2003. – 269 с.
6. *Соловей Т.В.* Оцінка впливу гідрологічних чинників на якість води річок басейну верхнього Пруту в маловодний період року: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.11 – конструктивна географія / Тетяна Василівна Соловей ; Чернівецький нац. ун-тет ім. Ю. Федьковича. – Чернівці, 2004. – 20 с.
7. Управление трансграничным бассейном Днепра: суббассейн реки Припяти / под ред. А.Г. Ободовского, А.П. Станкевича и С.А. Афанасьева. – К. : Кафедра, 2012. – 448 с.
8. *Яцик А.В.* Водогосподарська екологія : у 4 т., 7 кн. / А. В. Яцик:– К.: Генеза, 2004. – Т.3, кн.5. – 496 с.

Оцінка гідрохімічного статусу вод малих річок басейну Верхнього Пруту (на прикладі річок Гуків, Дерелуй та Виженка)

Кирилюк О.В.

Представлена система класифікації якості річкових вод для малих річок басейну Верхнього Пруту з врахуванням вимог ВРД ЄС. Результати оцінки якості річкових вод свідчать, що стан води річок Гуків і Дерелуй оцінюється як «задовільне», для річки Виженка – «відмінне» в 2006 і «добре» в 2012 році. Але за найгіршими показниками якість знижується до «поганого» і «дуже поганого» для річки Гуків, «дуже поганого» - для річки Дерелуй, для річки Виженка - «задовільного» в 2006 і «поганого» в 2012 р.

Ключові слова: якість, ВРД ЄС, води, класифікація.

Оценка гидрохимического статуса вод малых рек бассейна Верхнего Прута (на примере рек Гуков Дерелуй и Виженка)

Кирилюк Е.В.

Представлена система классификации качества речных вод для малых рек бассейна Верхнего Прута с учетом требований ВРД ЕС. Результаты оценки качества речных вод свидетельствуют, что состояние воды рек Гуков и Дерелуй оценивается как «удовлетворительное», для реки Виженка – «отличное» в 2006 и «хорошее» в 2012 году. Но по худшим показателям качество снижается до «плохого» и «очень плохого» для реки Гуков, «очень плохого» - для реки Дерелуй, для реки Виженка - «удовлетворительное» в 2006 и «плохое» в 2012 г.

Ключевые слова: качество, ВРД ЕС, вода, классификация.

Hydrochemical status assessment of small rivers water for Upper Prut River Basin (on the example of the rivers Gukiv, Dereluy and Vizhenka)

Kiriliuk O.V.

The article represents the system of river water quality classification of small rivers for Upper Prut river basin compliant with the EU Water Framework Directive. The results obtained using this methodology showed that the water in the rivers Gukiv and Dereluy can be defined as «moderate», in the river Vizhenka – as «high» in 2006 and «good». However by the worst indicators the quality drops to the «poor and «very poor» for Gukiv river, «very poor» - for Dereluy river, «moderate» for Vizhenka river in 2006 and «poor» in 2012.

Keywords: quality, EU Water Framework Directive, water, classification.

Надійшла до редколегії 17.09.2013

УДК 546.77:556.114.6(556.551)(477)

Ігнатенко І. І.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

МІГРАЦІЯ МОЛІБДЕНУ У ВОДОЙМАХ З УПОВІЛЬНЕНИМ ВОДООБМІНОМ

Ключові слова: розчинний та завислий молібден, міграція, комплексоутворення, водойма з уповільненим водообміном

Актуальність питання. Біоеlementи присутні в навколишньому середовищі в дуже малих концентраціях, проте життєво необхідні для росту і функціонування живих організмів. Молібден – есенціальний елемент, що бере участь у багатьох біохімічних процесах. Він входить до складу молібденофлавоноїдів, що є учасниками тканинного дихання, інтенсифікує процес синтезу РНК, приймає участь у синтезі аскорбінової кислоти. Для рослин він важливий як каталізатор нітрогенази і нітратредуктази, які сприяють засвоєнню рослинами азоту [6]. Деякі рослини мають здатність вибірково вилучати необхідні їм елементи з водного середовища, тому, з однієї сторони, вони залежать від нього, з іншої – спроможні на нього впливати. Питання трансформації і міграції молібдену серед абіотичних і біотичних компонентів водойм є цікавим і потребує всебічного вивчення.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

Метою роботи є дослідження динаміки вмісту і форм знаходження молібдену, що розкриває шляхи його міграції у водоймах з уповільненим водообміном.

Матеріал та методи досліджень. Проби води відбирали з поверхневого шару озер Вербного, Йорданського, Тельбіна та другого Китаївського ставу у 2006–2008 рр., 2011 р. Завислу форму молібдену отримували, пропускаючи воду через мембранні фільтри “Synpro” з діаметром пор 0,4 мкм, Чехія. Фільтрат (розчинна форма) пропускали через колонки з диетиламіноетил (ДЕАЕ)-целюлозою і карбоксиметил (КМ)-целюлозою та одержували відповідно аніонну, катіонну і нейтральну фракції розчинених органічних речовин (РОР). Після УФ-опромінення фільтрату та фракцій РОР в кварцевих стаканчиках ртутно-кварцевою лампою ДРТ-1000 протягом 2,0–2,5 год, кінетичним методом визначали концентрацію молібдену. Кінетичний метод визначення молібдену базується на каталітичній дії Mo(VI) в реакції окиснення йодиду пероксидом водню ($\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{J}^- + 2\text{H}^+ = \text{J}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$), що відбувається у кислому середовищі [10].

Фільтри “спалювали” в суміші концентрованих кислот H_2SO_4 та HNO_3 , що дозволяло перевести молібден із завислої форми в розчинну, далі високочутливим кінетичним методом визначали Mo(VI) . Методи кінетичного визначення молібдену, іонообмінної хроматографії детально описано в роботі [8]. Методи визначення розчиненого у воді кисню і величини рН – в роботі [9].

Об’єкти досліджень. Озера Вербне, Йорданське і Тельбін розташовані в заплаві Канівського водосховища і мають гідравлічний зв’язок з ним. Зазначені озера – непроточні, крім оз. Йорданського, їхня глибина становить відповідно 18,5, 12,5 і 10,0 м. Відомо, що навесні рівень води в заплавах озер м. Києва залежить від підвищення рівня води на Канівському водосховищі [11]. Крім цього, висока водопроникність пісчаних ґрунтів зумовлює суттєвий вплив ґрунтового живлення на стан зазначених озер [11].

Другий став в системі з чотирьох Китаївських ставків розташований в Голосіївському лісі, майже непроточний і має глибину до 3 м. На відміну від озер, він не має гідравлічного зв’язку з Канівським водосховищем.

Результати досліджень та їх обговорення. У воді озер Вербного, Йорданського і Тельбіна загальна концентрація молібдену знаходилася в межах 1,5–13,8 мкг/дм³ (табл.).

В різні пори року відбувалися значні коливання вмісту молібдену. У воді зазначених озер вміст молібдену, зазвичай, максимально зростав навесні відносно зимових показників. У воді озер Вербного і Йорданського навесні 2007 р. концентрація молібдену зростає до 6,1 і 8,9 мкг/дм³, а взимку становила лише 3,2 і 4,7 мкг/дм³. У воді оз. Вербного 2008 р. вона підвищилася до 13,8 мкг/дм³ навесні проти 3,8 мкг/дм³ взимку (табл.). З літературних джерел відомо, що в оз. Вербному навесні 2008 р. одночасно зростає вміст гумусових речовин (ГР), що можливо зумовлено надходженням під час водопілля ґрунтових вод збагачених ГР [1]. Ймовірно, молібден також надходив до озер у складі комплексних сполук з ГР, про що буде сказано далі.

На відміну від озер Вербного, Йорданського і Тельбіна, у воді Китаївського ставу концентрація молібдену зростала влітку до 2,9 мкг/дм³.

У природних поверхневих водах MoO_4^{2-} -іони практично не визначаються. Попередні наші дослідження дають можливість стверджувати, що молібден зв’язаний з РОР у комплексні сполуки, оскільки він визначався лише після фотохімічного окиснення РОР [5, 8]. Комплексоутворення з РОР відомо для

Таблиця. Температура, величина рН та вміст і частка розчинної і завислої форм молібдену у воді досліджуваних водойм

Водні об'єкти	Пори року	Температура води, ¹ °С	рН	Загальний вміст молібдену, мкг/дм ³	Мо _{розч} , %	Мо _{зав} , %
оз. Вербне	2006 р. <i>літо</i>	28,8	8,8	2,5±0,2	84,8	15,2
	<i>осінь</i>	7,1	8,2	1,5±0,3	85,6	14,4
	<i>зима</i>	1,9	7,9	3,2±0,1	96,5	3,5
	2007 р. <i>весна</i>	6,9	8,6	6,1±0,4	98,2	1,8
	<i>осінь</i>	18,6	7,9	5,6±0,7	83,2	16,8
	<i>зима</i>	3,4	7,8	3,8±0,3	94,7	5,3
	2008 р. <i>весна</i>	13,6	8,6	13,8±1,9	97,8	2,2
	<i>літо</i>	24,3	8,7	5,4±1,5	85,2	14,8
	<i>осінь</i>	12,7	8,3	4,6±0,6	89,1	10,9
оз. Йорданське	2006 р. <i>літо</i>	28,6	9,0	1,7±0,3	69,6	30,4
	<i>осінь</i>	6,7	8,1	2,4±0,3	86,4	13,6
	<i>зима</i>	2,0	7,9	4,7±0,2	97,9	2,1
	2007 р. <i>весна</i>	8,2	9,6	8,9±0,3	98,8	1,2
	<i>осінь</i>	19,1	8,5	6,2±0,9	90,3	9,7
	<i>зима</i>	2,1	6,7	5,3±0,2	92,5	7,5
оз. Тельбін	2007 р. <i>весна</i>	14,7	9,2	9,8±0,7	93,9	6,1
	<i>літо</i>	25,4	9,1	6,0±0,5	89,6	16,4
	<i>осінь</i>	10,2	7,6	2,1±0,1	98,0	2,0
	2009 р. <i>весна</i>	22,4	9,5	6,5±0,4	81,5	18,5
Китаївський став ²	2011 р. <i>весна</i>	14,2	7,9	1,9±0,1	89,5	10,5
	<i>літо</i>	23,4	9,2	2,9±0,2	21,0	79,0
	<i>осінь</i>	11,9	7,6	2,1±0,1	96,1	3,9
	<i>зима</i>	1,2	7,4	1,6±0,2	85,0	15,0

Примітка. 1 – температура на момент відбору проб води; 2 – дані температури і величини рН представлені А. О. Морозовою.

багатьох металів – Fe(III), Cr(VI), Mo(VI), Zn(II), Pb(II) [6, 7]. Основну роль у ньому відіграють ГР, що відновлюють метали Fe(III) і Cr(VI) до нижчих ступенів окиснення. З літератури відомо, що ГР здатні також відновлювати аніонну форму Mo(VI) до катіонної Mo (V) і надалі зв'язувати його в комплекси [12]. ГР, утворюючи комплексні сполуки з молібденом, сприяють його знаходженню у розчиненому стані, чим збільшують міграційну рухливість молібдену. Це відіграє важливу роль у доступності молібдену для рослин.

Співвідношення розчинної і завислої форм молібдену (Мо_{розч} і Мо_{зав}) неоднакове в різні пори року (див. табл.). Частка молібдену у зависі має неорганічну (мінеральну) і органічну складову. Неорганічна складова завислої речовини має переважне значення в зимовий період року, а органічна відіграє значну роль влітку [3]. Найнижча частка молібдену у складі зависі (1,2–7,5 %) спостерігалася в зимовий період льодоставу і часто навесні через найменші кількості самої завислої речовини в цей час. У всіх досліджуваних водоймах частка Мо_{зав} підвищувалася влітку. Так, у воді оз. Вербного, Йорданського і Тельбіна вона зростала в кілька разів і досягала відповідно 15,2, 30,4 і 16,4 % Мо_{заг} (див. табл.). Висока літня температура води сприяла розвитку планктонних організмів у поверхневому шарі, про що свідчить вміст розчиненого кисню (10,7–16,5 мг/дм³, насичення 154,0–206,0 %) і величина рН (8,8–9,2). Як відомо, величина рН і вміст розчиненого у воді кисню зростають за умови розвитку фітопланктону в теплі періоди року [3]. Відомо також, що клітини водоростей в період свого розвитку

здатні накопичувати молібден, що входить до складу нітратредуктази, яка сприяє асиміляції азоту [6]. Зазначений процес – один із основних механізмів засвоєння рослинами поживних речовин. Таким чином, ріст і розвиток фітопланктону сприяли зростанню вмісту і частки молібдену у складі зависі за рахунок збільшення її органічної складової. Ймовірно, внаслідок засвоєння молібдену водоростями вміст його розчинної форми знижувався.

На початку осені за умови високих температур нерідко спостерігається підвищення частки $Mo_{зав}$ 9,7–14,4 %, оскільки процес вегетації водоростей може продовжуватися до осіннього похолодання.

У воді оз. Тельбіна висока частка молібдену у складі зависі (18,5 %) спостерігалася уже навесні 2009 р. Оскільки внаслідок підвищення температури води до 22,4°C розпочався активний розвиток водоростей, що зумовило збільшення насичення води киснем до 154,0 % і величини рН до 9,5 (див. табл.).

Зростання частки молібдену у складі зависі в літній період дуже добре простежується у водоймах з високим продукуванням фітопланктону. Так, влітку у воді Китаївського ставу абсолютний та відносний вміст молібдену у складі завислої речовини досяг максимальних величин. У цей час спостерігалася інтенсивне “цвітіння” води і вміст завислої речовини зріс до 82,2 мг/дм³, тоді як у травні місяці він становив лише 3,2 мг/дм³. Як наслідок, влітку частка молібдену у зависі становила 79,0 % $Mo_{зав}$, проти 10,5 % $Mo_{зав}$ навесні (див. табл.). Інтенсивне “цвітіння” води влітку підтверджувалося величиною рН води (9,2) і значним перенасиченням киснем (192,2 %) поверхневого шару води Китаївського ставу, в той час як у придонному шарі сформувалися стійкі анаеробні умови (за даними А.О. Морозової).

Таким чином, планктонні водорості, накопичуючи молібден, сприяли його трансформації з розчинної у завислу форму. При відмиранні планктону його частина седиментувала на дно, що сприяло зниженню не лише частки $Mo_{зав}$, а й загальної концентрації молібдену у водоймі.

Оскільки міграція молібдену відбувалася переважно в розчиненому стані у складі комплексних сполук з РОР, було вивчено їхній розподіл за хімічною природою. В результаті цього встановлено, що у воді озер Вербного, Йорданського і Тельбіна частка аніонних комплексів молібдену не перевищувала 50 % (рис. 1).

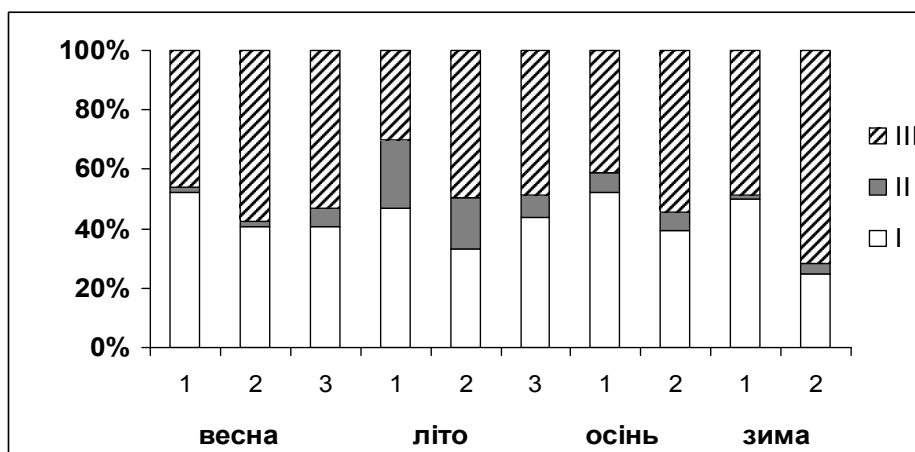


Рис. 1. Розподіл молібдену серед комплексних сполук з РОР різної хімічної природи в різні пори року у воді озер Вербного (1), Йорданського (2), Тельбін (3): I – аніонні, II – катіонні, III – нейтральні комплекси.

Аніонну фракцію РОР складають переважно ГР, а саме гумінові та фульвокислоти, які характеризуються комплексоутворювальними властивостями [7]. Частка аніонних комплексних сполук молібдену знижувалася взимку (25,3–37,4 % $M_{орозч}$), а навесні зростала (40,5–50,3 % $M_{орозч}$) у воді оз. Вербного, Йорданського, Тельбіна. Як згадувалось вище, у воді оз. Вербного навесні підвищився вміст ГР і, одночасно, вміст комплексних сполук молібдену з ними. В інші пори року домінувала частка комплексів молібдену з РОР нейтральної природи, яка становила 41,4–71,5 % $M_{орозч}$ у зазначених озерах. Цю фракцію сполук утворюють переважно вуглеводи, на вміст яких у воді впливає розвиток та відмирання водоростей. Як відомо з літератури, у воді оз. Вербного концентрація вуглеводів максимально підвищувалася саме влітку, в той час як вміст ГР знижувався [1]. Подібною ситуація виявилася також у воді оз. Тельбіна, де влітку концентрація вуглеводів зросла до 4,0 мг/дм³ [2]. Підвищення концентрації вуглеводів призводило до зростання частки комплексних сполук молібдену нейтральної природи влітку. Досить високий вміст нейтральних комплексів молібдену у воді озер показує важливу роль вуглеводів у його міграції в розчиненому стані.

Відмінним від зазначених озер був розподіл молібдену серед комплексних сполук з РОР у воді Китаївського ставу. Як видно з рис. 2, в ній частка аніонних комплексів молібдену переважала і поступово зростала з весни до осені (75,7–86,4 %). Аналогічно від весни до осені підвищувалася частка ГР у воді (від 46,5 до 74,3 %) [4]. Взимку частка аніонних комплексів молібдену знижувалася, як і частка ГР у воді. Як відомо, з органічних решток водоростей утворюється гумус, що в літературі отримав назву водного або “планктонного” гумусу [3]. Ймовірно, саме він сприяв збільшенню частки аніонних комплексних сполук молібдену у воді Китаївського ставу.

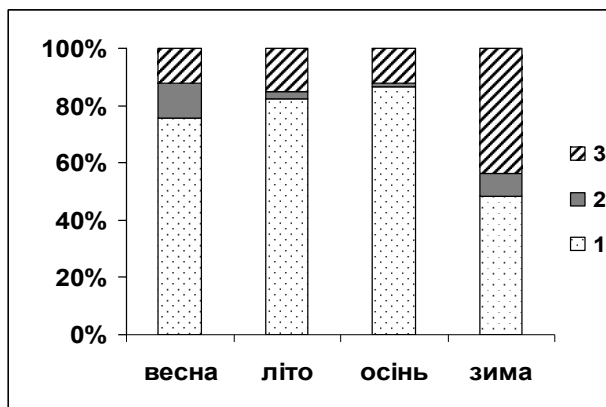


Рис. 2. Розподіл молібдену серед комплексних сполук з РОР різної хімічної природи у воді Китаївського ставу 2011 р.:

1, 2 і 3 – відповідно аніонні, катіонні і нейтральні комплекси

Частка комплексних сполук молібдену з РОР нейтральної природи підвищувалася в зимовий період (43,8 % $M_{орозч}$). Слід зазначити, що абсолютній вміст нейтральних комплексних сполук молібдену зростав восени у ставі так само, як і в озерах, проте у загальному складі комплексних сполук молібдену з РОР їхня частка виявилася незначною (див. рис. 2). Ймовірно, у воді зазначеного ставу в утворенні органічної речовини помітну роль відіграють планктонні водорості, що відобразилося на розподілі молібдену серед комплексних сполук з РОР.

Частка сполук молібдену з РОР катіонної природи у воді досліджуваних озер та Китаївського ставу становила 1,2–23,0 % $M_{орозч}$ (див. рис. 1 і 2). Можна відмітити

зростання частки катіонних комплексів молибдену з РОР влітку (6,1–23,0 % $\text{Mo}_{\text{розч}}$) в досліджуваних водоймах. Катіонна фракція РОР утворена переважно білковоподібними речовинами, вміст яких влітку, зазвичай, високий [1].

Висновки. Вміст молибдену в озерах Вербному, Йорданському, Тельбіні знаходився в широких межах 1,5–13,8 мкг/дм³ внаслідок сезонних коливань. Навесні у зазначених озерах відмічено підвищення вмісту молибдену у 2–3 рази порівняно з зимовим періодом.

Міграція молибдену у воді досліджуваних водойм, крім Китаївського ставу, відбувалася переважно у розчиненому стані (69,6–98,2 %) протягом року. Частка молибдену у складі зависі зростала в теплі періоди року, що зумовлено розвитком планктонних водоростей. У воді Китаївського ставу влітку 79 % молибдену знаходилося в завислій формі внаслідок інтенсивного “цвітіння” води.

Завдяки комплексоутворенню з РОР молибдат-іони знаходилися нижче межі визначення високочутливим каталітичним методом у воді всіх досліджуваних водойм. Розподіл молибдену серед комплексних сполук з РОР залежав від співвідношення основних груп РОР у водоймі, формування яких зазнавало значного впливу планктонних водоростей.

Таким чином, у водоймах з уповільненим водообміном у міграції і трансформації сполук молибдену вагому роль відігравала їхня біотична складова.

Список літератури

1. Васильчук Т.О. Вплив абіотичних чинників на формування розчинених органічних речовин озера Вербного / Т.О. Васильчук, В.П. Осипенко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2009. – С. 153–158.
2. Васильчук Т.О. Растворенные органические вещества в поверхностных водах Украины / Т.О. Васильчук, В.П. Осипенко, Т.В. Евтух // Современные проблемы гидрохимии и формирования качества вод : Мат-лы науч. конф. (г. Азов, 27–28 мая 2010 г.) – Ростов/Д., 2010. – 293 с.
3. Денисова А. И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования / А. И. Денисова. – К. : Наук. думка, 1979. – 292 с.
4. 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. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – С. 89–98.
5. Ігнатенко І. І. Сезонна динаміка співіснуючих форм молибдену у воді Канівського водосховища та деяких озер м. Києва / І. І. Ігнатенко // Наук. записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія Біологія. – 2008. – № 3(37). – С. 68–73.
6. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
7. Линник П. Н. Гумусовые вещества природных вод и их значение для водных экосистем (обзор) / П. Н. Линник, Т.А. Васильчук, Р.П. Линник // Гидробиол. журн. – 2004. – Т.40, № 1 – С. 81–107.
8. Линник П. М. Співіснуючі форми молибдену в природних водах / П. М. Линник, І. І. Ігнатенко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 8. – С. 92–102.
9. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дьяченко та ін. – К. : Логос, 2006 – 408 с.
10. Основы аналитической химии. Практическое руководство / [В.И. Фадеева, Т.Н. Шеховцова, В.М. Иванов и др.]. – М. : Высш. шк., 2001. – 463 с.
11. Хільчевський В.К. Гідролого-гідрохімічна характеристика озер і ставків території м. Києва / В.К. Хільчевський, О.В. Бойко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 529–535.
12. Brookins D.G. Eh-pH Diagrams for Geochemistry / D. G. Brookins. – Berlin : Springer-Verlag, 1989. – 176 p.

Міграція молибдену у водоймах з уповільненим водообміном

Ігнатенко І.І.

Наведено результати дослідження міграції молибдену у водоймах з уповільненим водообміном (озерах Вербному, Йорданському, Тельбіні і Китаївському ставі м. Києва). Показано, що міграція молибдену здійснюється переважно в розчинній формі. Зростання частки молибдену у складі зависі влітку зумовлено розвитком планктонних водоростей, які сприяли його

трансформації з розчинної у завислу форму. Це найбільш виражено у воді Китаївського ставу, де влітку частка молибдену у складі зависі становила 79,0 %.

Ключові слова: розчинний та завислий молибден, міграція, комплексоутворення, водойма з уповільненим водообміном.

Миграция молибдена в водоемах с замедленным водообменном

Игнатенко И.И.

Приведены результаты исследования миграции молибдена в водоемах с замедленным водообменом (озерах Вербном, Йорданском, Тельбин и Китаивском пруде г. Киева). Показано, что миграция молибдена осуществляется в водоемах главным образом в растворенном состоянии. Возрастание доли молибдена в составе взвеси летом обусловлено развитием планктонных водорослей, которые способствовали его трансформации с растворенной во взвешенную форму. Это наиболее выражено в воде Китаевского пруда, где летом доля молибдена во взвеси составила 79 %.

Ключевые слова: растворенный и взвешенный молибден, миграция, комплексообразование, водоем с замедленным водообменном.

The molybdenum migration in the water bodies with the decelerated water cycle

Ignatenko I.I.

The results of investigation of the molybdenum migration in the water bodies which have the decelerated water cycle (Verbne, Jordan, Telbin lakes and Kytav pond of the Kyiv city) are given. It was shown that the molybdenum migration descends mainly in the dissolved state in the water bodies. The increase of the molybdenum part in the suspension composition in summer in consequence of the phytoplankton development, which promote its transformation from dissolved form to suspension one. It is most expressed in water Kytav pond, where 79,0 % the molybdenum was in the suspended form in summer.

Keywords: the dissolved and suspended forms of molybdenum, migration, complexation, the water bodies with the decelerated water cycle.

Надійшла до редколегії 04.11.2013

УДК 556.115 (470.53)

Вострокнутова Ю. О.

*Пермський державний національний дослідницький університет
(Російська Федерація)*

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БИОГЕННОГО СОСТАВА ВОДЫ КАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Ключевые слова: биогенные вещества, Камские водохранилища

Постановка проблемы. Биогенные вещества, являясь основой биологической продуктивности водоемов, в большинстве случаев определяют качество воды, используемой в народнохозяйственных целях.

Причины повышенного содержания железа в воде Камского водохранилища и источники его поступления подробно рассмотрены С.А. Мирошниченко и А.И. Паутовым.

В связи с этим **цель** исследований – определение степени влияния основных факторов на режим биогенных веществ. **Объектами** исследования являются Камское и Воткинское водохранилища.

Основные задачи:

- сбор и обобщение информации о содержании биогенных веществ в Камском и Воткинском водохранилище;
- анализ внутригодовой динамики биогенных веществ;
- анализ динамики биогенных веществ по длине водохранилищ;
- определение степени влияния основных факторов на режим биогенных веществ.

Изложение основного материала исследования. Биогенные вещества в природных водах – вещества, наиболее активно участвующие в жизнедеятельности водных организмов. К ним относятся соединения азота, фосфора, кремния и железа. Известно, что биогенные вещества поступают с речным стоком, атмосферными осадками, хозяйственно-бытовыми, сельскохозяйственными сточными водами. Источниками их являются и внутриводоемные процессы.

Все названные факторы характеризуются пространственной и временной изменчивостью. Мы попытались выявить их роль в содержании биогенных элементов в воде Камских водохранилищ. В основу исследований положены данные, отобранные в 8 створах Камского и Воткинского водохранилищ в маловодный и многоводный годы.

В качестве примера приведены данные внутригодового изменения содержания биогенных веществ на Камском водохранилище. Анализ показал, что максимальное их содержание приходится на весенний период, минимальное – на летний (рис. 1, 2). Содержание соединений фосфора и железа превышает ПДК (ПДК фосфаты – 0,0001; ПДК Fe – 0,3). Причем такая ситуация характерна для лет разной обеспеченности. Хотя по данным исследований (Даценко, 1984; Денисова, 1977; Летвинов, 1984) максимальное содержание биогенных веществ наблюдается в зимний период, а минимальное – в летний. Иначе говоря, внутригодовое изменение концентрации биогенов соответствует изменению расходов.

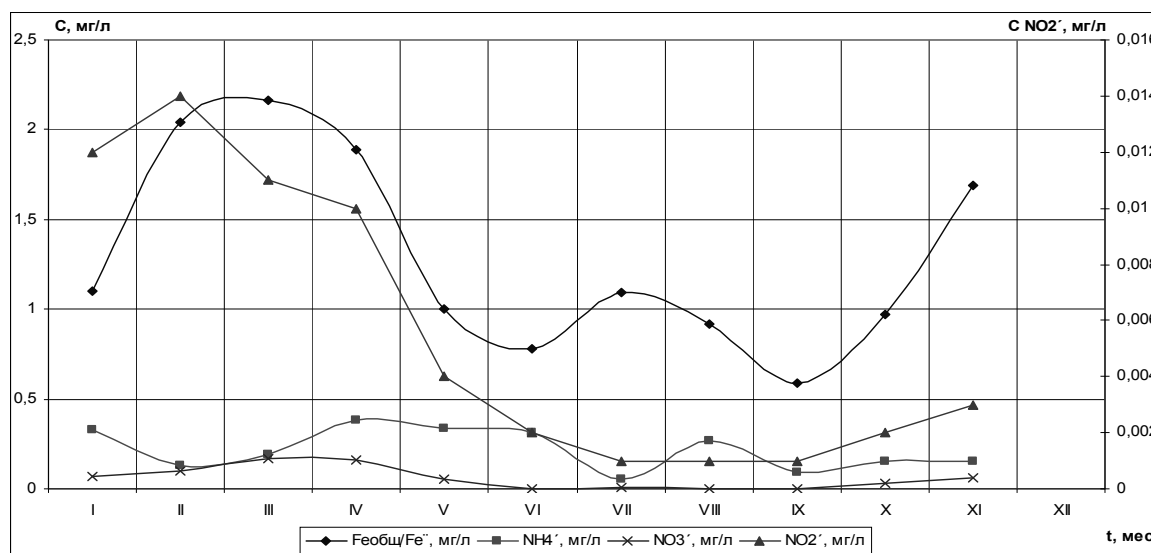


Рис. 1. Внутригодовая динамика биогенных веществ на посту Камское водохранилище –д. Бурган (маловодный год)

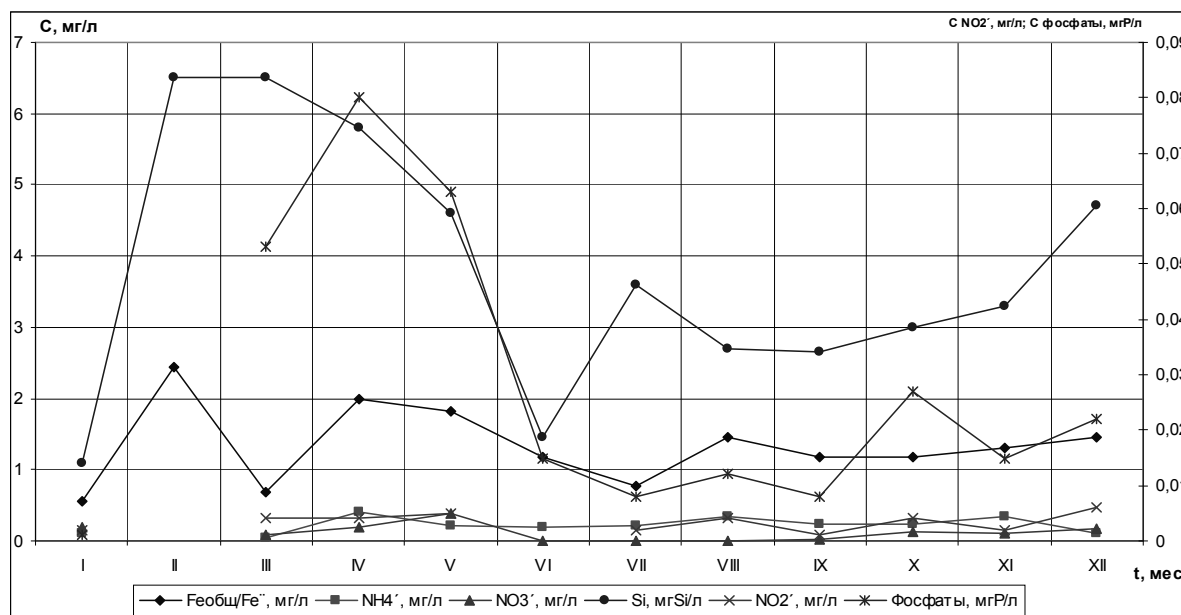


Рис. 2. Внутригодовая динамика биогенных веществ на посту Камское водохранилище –д. Бурган (многоводный год)

Подход к изучению роли факторов, влияющих на концентрацию биогенных веществ, показан на примере железа. Выбор этого элемента объясняется тем, что содержание его в концентрациях, превышающих ПДК в 8 и более раз зафиксировано в районе основного питьевого водозабора (Чусовской водозабор).

Факторы, определяющие поступление железа в водохранилище, имеют как природный, так и антропогенный характер. Анализ архивного материала, содержащего данные о химическом составе р. Кама начиная с 20-х годов XX века и литологии и геологии показал, что к основным природным источникам железа в водах р. Камы следует отнести: геологические особенности территории Урала и Предуралья (наличие большого количества пород и минералов, содержащих железо); подземные воды, контактирующие с этими породами; подзолистый тип почв и таежная зона; затопленные торфяники и болотные массивы на севере края; аллювиальные почвы пойм.

В наилках и аллювиальных почвах пойм большинства рек Пермского края содержится повышенное количество подвижного кислорастворимого железа. Отложения наилок наблюдаются только на наиболее пониженных элементах пойм, систематически заливаемых в паводок и половодье.

Очень высокое содержание железа наблюдается в наилках пойм Камы и ее притоках: Вишеры, Колвы, Язьвы. В наилках Язьвы, Колвы и Вишеры содержание подвижного железа колеблется от 32 до 95 мг, а в камских увеличивается до 107–160 мг на 100 грамм наилка. Столь же высокой ожелезненностью характеризуются и аллювиальные почвы указанных рек. А у почв водораздельных пространств его не более 10–16 мг на 100 грамм почвы. Тем не менее, именно они являются источником подвижного железа, которое внутрисочвенно проникает в поймы рек [4].

Создание водохранилищ послужило толчком к формированию дополнительных источников поступления железа с водосбора в воды р. Камы, а в последние десятилетия ведущая роль в формировании химического состава вод принадлежит антропогенному загрязнению.

Таблица 1 Концентрации железа, полученные А.А. Варовым и А.О. Таусоным в бассейне р. Камы от слияния с р. Вишера до г. Перми

Водоток	Концентрация железа, мг/л	Год	Примечание
Кама	2,20*	1928	1,5 км выше устья р. Вишера
Левые притоки р. Кама			
Вишера	1,65*	1928	1,5 км выше впадения в р. Кама
Яйва	1,35*	1928	2,0 км выше впадения в р. Кама
Косьва	1,45*	1928	1,0 км выше впадения в р. Кама
	0,31	1937	
	0,74	1938	
Чусовая	1,80*	1928	1,0 км выше впадения в р. Кама
	0,13	1937	
	0,21	1938	
Правые притоки р. Кама			
Кондас	1,30*	1928	0,5 км выше впадения в р. Кама
Иньва	0,90*	1928	0,5 км выше впадения в р. Кама
	0,24	1937	
Обва	0,70*	1928	

*Примечание: * – содержание железа с алюминием*

К основным антропогенным факторам относятся: разработка месторождений полезных ископаемых и деятельность промышленных предприятий, ливневые стоки с городских территорий, подземные воды в пределах разработки месторождений нефти, калийных солей, каменного угля и сильно урбанизированных территорий. В целом по акватории р. Кама до г. Перми концентрации железа изменяются от 5–7 до 7–14 ПДК. Максимальное превышение отмечено в 1998 г. и составило 26 ПДК.

В таблице 2 приведены концентрации железа в водах р. Кама и её притоков за 1998–2004 гг.

Таблица 2 Содержание железа в водах р. Кама и её притоков по данным за период 1998–2004 гг. [6]

Водоток	Содержание железа	
	Кол-во ПДК	Мг/л
р. Вишера, левый приток р. Кама	4–8	1,2–2,4
Район Березниковско-Соликамского промузла		
р. Кама	5–12	1,5–3,6
р. Поповка, р. Усолка	37	11,1
Район Кизеловско-Губахинского промузла		
р. Косьва, левый приток р. Кама	24–70	7,2–21
р. Вильва, приток р. Усьва	211–293	63,3–87,9
р. Усьва, правый приток р. Чусовая	8	2,4
Район Лысьвенско-Чусовского, Кунгурского промузлов		
р. Лысьва	2–6	0,6–1,8
р. Сылва, правый приток р. Чусовая	2–3	0,6–0,9
р. Чусовая, левый приток р. Кама	2–6	0,6–1,8
Район Пермско-Краснокамского промузла		
р. Кама	4–7	1,2–2,1
р. В. Мулянка	3	0,9
р. Пыж, правый приток р. Кама	5	1,5



Рис. 3. Схема расположения крупных промышленных узлов Пермского края

На рисунке 4 представлено изменение концентраций железа по длине р. Камы.

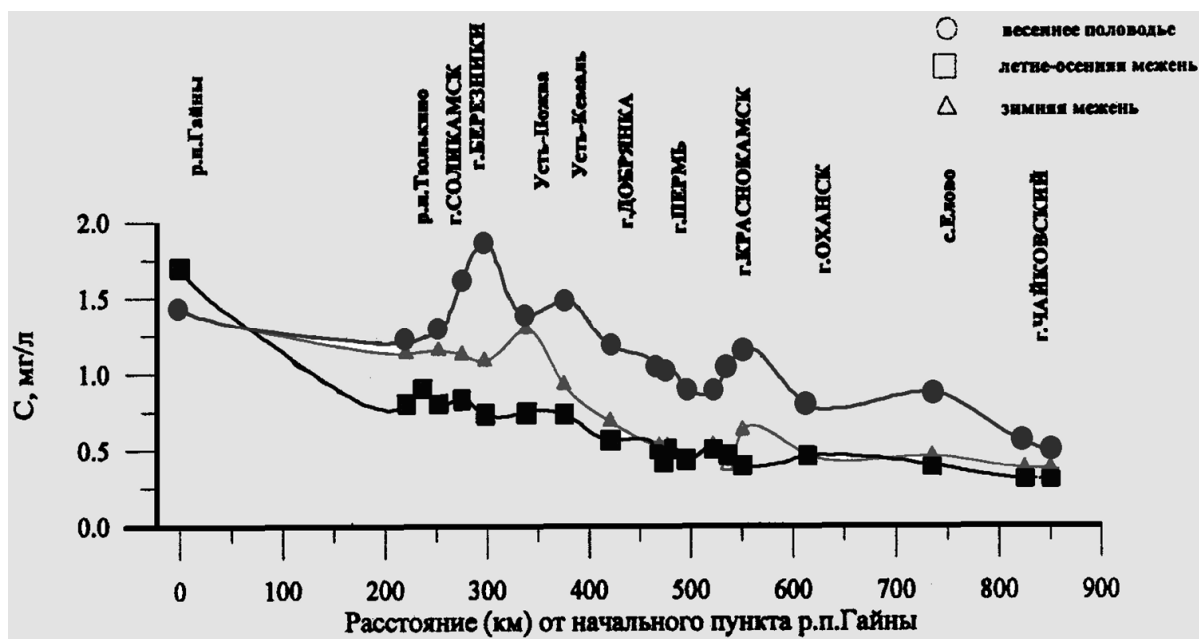


Рис. 4 Изменение концентраций железа по длине р. Камы в различные фазы гидрологического режима

Выводы из данного исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении. Анализ изменения содержания железа по длине Камы в зависимости от факторов его определяющих показал, что высокие концентрации железа в верховье р. Кама обусловлены заболоченностью верхней части ее бассейна. Далее по длине реки увеличение концентраций

приурочено к наиболее крупным промышленным узлам.

Таким образом, современный состав камских вод характеризуется повышенным содержанием железа благодаря природному фону бассейна р. Кама многократно усиленным в последнее десятилетие антропогенным воздействием.

На следующем этапе исследований будут проанализированы факторы формирования и других элементов. Это поможет понять генезис их формирования, а, следовательно, выявить основные причины и предложить рекомендации по предотвращению (или уменьшению) загрязнения водных объектов биогенными элементами.

Список литературы

1. Варов А.А. Солевой состав верхней Камы и ее притоков / А. А. Варов // Язв. Биологического ин-та при Перм. ун-те. – 1928. – Т. 6, вып. 1. – С. 35–53.
2. Гидрохимический бюллетень: материалы наблюдений за загрязненностью поверхностных вод на территории деятельности Уральского УГМС. – Свердловск : Свердловская ГМО, 1977, 1979.
3. Мирошниченко С.А. Пространственное распределение и временная изменчивость содержания тяжелых металлов в воде поверхностных водных объектов Пермской области : автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук / С. А. Мирошниченко. – Пермь, 1998. – 19 с.
4. Никаноров А. М. Гидрохимия / А. М. Никаноров. – СПб. : Гидрометеиздат, 2001. – 89 с.
5. Паутов А. И. Свойства наилок северных рек Пермской области / А. И. Паутов // Плодородие и мелиорация почв Нечерноземья. – 1991. – С. 18–27.
6. Состояние и охрана окружающей среды Пермской области в 1998–2004 гг. – Пермь, 1999–2005.
7. Таусон А.О. Водные ресурсы Молотовской области / А.О. Таусон. – Перм : изд. Перм. ун-ту, 1947. – 324 с.

Умови формування біогенного складу води камських водосховищ

Вострокнутова Ю.О.

У статті розглянуто вміст біогенних речовин у воді Камських водосховищ. Проаналізовано причини підвищеного вмісту заліза у воді Камського водосховища та джерела його надходження.

Ключові слова: біогенні речовини, Камські водосховища.

Условия формирования биогенного состава воды Камских водохранилищ

Вострокнутова Ю.О.

В статье рассмотрено содержание биогенных веществ в воде Камских водохранилищ. Проанализированы причины повышенного содержания железа в воде Камского водохранилища и источники его поступления.

Ключевые слова: биогенные вещества, Камские водохранилища.

Conditions for the formation of nutrient composition of water of Kamsky Reservoirs

Vostroknutova Ju.

In the article considered the concentration of nutrients in Reservoirs of the river Kama. Are analyzed the reasons of high concentration of iron in waters of the Kamsky Reservoir and the sources of its supply.

Keywords: nutrients, Kamskie Reservoirs.

Надійшла до редколегії 11.11.2013

УДК 556.53(477.52)

Данильченко О.С.

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка

ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА БАСЕЙНИ МАЛИХ РІЧОК СУМСЬКОГО ПРИДНІПРОВ'Я

Ключові слова: антропогенне навантаження; мала річка; басейн річки; Сумське Придніпров'я

Вступ. Важливою проблемою сьогодення є стан річки, а саме її обміління, заростання, перетворення на «стічну канаву» і, нарешті, зникнення річки як гідрологічного об'єкту. Особливо екологічний стан малої річки на сучасному етапі надзвичайно гостре та актуальне питання і річки Сумщини в цьому контексті не є виключенням, а саме, річки, які перебувають під потужним антропогенним навантаженням. Всі процеси, які відбуваються на водозборі, безпосередньо віддзеркалюються на самій річці, що зазнає істотних змін. У більшості випадках стан річок наближається до кризового або навіть набув його.

Аналіз досліджень і публікацій. Вихідними передумовами даного дослідження є географо-гідрологічний (ландшафтно-гідрологічний) підхід започаткований В.Г. Глушковим [5] та удосконалений та поглиблений А.І.Субботіним, М.І.Львовичем, М.І.Коронкевичем, А.Н.Антиповим та ін. [1, 7, 9]. Ландшафтно-гідрологічний підхід враховує не лише природні умови, але і фактори впливу господарської діяльності на стік, що дозволяє визначити ступінь антропогенного навантаження на водозбір. Антропогенне навантаження – показник величини постійного узагальненого впливу людської діяльності на різноманітні екосистеми, які зумовлюють певні зміни в їхній структурно-функціональній організації. Головними факторами антропогенного навантаження є вирубування або насадження лісів, розорювання земель поверхні басейну, меліорація земель, нераціональне внесення добрив, або недбайливе зберігання складів пестицидів, надмірний випас худоби у заплавах річок, селітебність (заселення) басейну, зарегульованість русла річки, забір води та водовідведення, скиди забруднених вод у річку, перекидання стоку. У сучасній гідрології застосовуються різні методики досліджень антропогенного навантаження на басейн річки. У даному дослідженні взято за основну методику оцінки антропогенних змін в басейнах малих річок Тюленєвої В.О. [10], яку було вдосконалено та дещо змінено.

Формулювання цілей статті, постановка завдання. Об'єктом даного дослідження є басейни малих річок Сумської області, предметом дослідження – фактори антропогенного навантаження на річкові басейни та їх оцінка. Мета роботи полягає в оцінці впливу антропогенних факторів на басейни річок та встановлення категорій стану водозбору. Для реалізації поставленої мети вирішувалися такі завдання: аналіз факторів антропогенного навантаження на річкові басейни; розрахунок та аналіз інтегрального показника антропогенного навантаження на басейни річок Сумської області.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для даного дослідження було обрано 55 річкових басейнів, розміщених на території Сумської області в межах: Поліської мішанолісової фізико-географічної провінції (7 басейнів), Лівобережно-Дніпровської низовинної лісостепової провінції (33 басейни) та Середньоруської височинної лісостепової провінції (15 басейнів).

На наш погляд основними факторами антропогенного впливу є: залісеність, заболоченість, розораність, еродованість басейну, зарегульованість річки, селітебність, водовідведення у річкову мережу, забруднення пестицидами басейну, розораність прибережної захисної смуги річки.

Для розрахунків коефіцієнтів лісистості басейну річки, заболочення, розораності, селітебності частково були використані дані Сумського водгоспу по деяким екологічним характеристикам басейнів малих річок Сумської області, а частково визначені автором по топографічній карті Сумської області. Зарегульованість басейну обчислювалася з використанням даних довідника [3]. Коефіцієнт еродованості розраховувався за допомогою топографічної карти Сумської області масштабом 1:100000 та карти еродованості ґрунтів атласу [2]. Коефіцієнт водовідведення обчислювався за даними екологічного паспорту Сумської області [6]. Для визначення коефіцієнту щільності забруднення пестицидами басейну річки використовувалися дані карти «Розміщення складів заборонених та непридатних до використання пестицидів в Сумській області станом на 01.01.2010 р.» [8]. При розрахунку коефіцієнту розораності прибережної захисної смуги річок басейну спочатку було пораховано площу прибережної захисної смуги річки, розораність визначено частково за допомогою топографічної карти Сумської області масштабом 1:100000 та частково шляхом власних польових досліджень.

1. Залісеність території – позитивний фактор, що впливає на водність річки. З одного боку, ліс безпосередньо впливає на кількість поглинутої вологи і тим самим є фактором, який зменшує поверхневий стік, а з іншого боку, створюючи більш сприятливі умови для поглинання води ґрунтом, поліпшує умови живлення підземних вод, другими словами, переводить поверхневий стік у підземний. Коефіцієнт лісистості басейну річки визначався за наступною формулою (1):

$$K_{\text{л}} = \frac{S_{\text{л}}}{S_{\text{б}}} \quad (1)$$

де $S_{\text{л}}$ – площа зайнята лісом в межах басейну річки, км², $S_{\text{б}}$ – площа басейну, км².

2. Ще один із факторів, який вважається позитивним є заболоченість басейну. Але цей фактор не можна розглядати однобоко. Завдяки наявності у річковому басейні боліт, вода, яка утворюється під час сніготанення чи надходить від дощів, не одразу стікає у річку, а збирається та накопичується в болотах і вже пізніше поступово віддається ними на стік. Отже, болота мають свого роду стокорегулюючу роль. Але, з іншого боку, болота можуть значно зменшувати весняний стік, завдяки великому випаровуванню з їх поверхні в період попередніх дуже сухих літніх та осінніх періодів. Випаровування з водної поверхні більше, ніж із поверхні суші, тому стік із басейну, де значні площі займають болота, завжди менший. Отже, заболоченість будемо вважати негативним фактором. Коефіцієнт заболочення басейну має таку формулу (2):

$$K_{\text{з}} = \frac{S_{\text{з}}}{S_{\text{б}}} \quad (2)$$

де $S_{\text{з}}$ – площа земель, які заболочені в межах басейну, км², $S_{\text{б}}$ – площа басейну, км².

3. Розораність земель поверхні басейну призводить до поглиблення ерозійних процесів, розвитку яружної сітки, що призводить до зменшення поверхневого стоку, спричиняючи замулення річки, скорочення її довжини та навіть повне зникнення. Розораність та еродованість земель поверхні басейну негативно впливають на водність річки, а також на саму річку. Коефіцієнт розораності басейну розрахований за формулою 3:

$$K_p = \frac{S_p}{S_b} \quad (3)$$

де S_p – площа розораних земель басейну, км^2 , S_b – площа басейну, км^2 .

4. Аналогічно розрахований коефіцієнт еродованості басейну формула 4:

$$K_p = \frac{S_p}{S_b} \quad (4)$$

де S_{ep} – площа еродованих земель, км^2 , S_b – площа басейну, км^2 .

5. Селітебність території басейну річки, звичайно, негативний фактор як для річки, так і для басейну в цілому. Водоохоронні зони, що встановлюються вздовж річки для створення сприятливого режиму водного об'єкту, попередження їх забруднення, засмічення і вичерпання, знищення навколоводних рослин і тварин, а також зменшення коливань стоку згідно статті 87 Водного кодексу України [4] зазнають суцільного розорювання земель, ведення садівництва та городництва, можливі навіть випадки зберігання та застосування пестицидів і добрив, влаштування літніх таборів для худоби, будівництво різноманітних споруд, спостерігаються звалища сміття, гноєсховищ, кладовищ, скотомогильників та ін. Сама річка зазнає активного зарегулювання та місцями каналізації русла. Всі ці перераховані факти надзвичайно негативно впливають на басейн річки як гідроекосистему. Коефіцієнт селітебності басейну річки важливий показник і має наступну формулу (5):

$$Kc = \frac{S_c}{S_b} \quad (5)$$

де S_c – площа населених пунктів в межах басейну, S_b – площа басейну км^2 .

6. Зарегульованість русла річки призводить до збільшення випаровування з водної поверхні, а отже зменшується стік. Ще одним негативним наслідком створення водосховищ є зменшення водообміну, «цвітіння води», підтоплення прилеглих територій. Зарегульованість річок ставками, особливо малих, призводить до зникнення деяких річок як самостійних водотоків, так як вони перетворюються у суцільний ланцюг водосховищ. Коефіцієнт зарегульованості річки визначався наступним чином, формула (6):

$$K_{zap} = \frac{S_{ez}}{S_b} \quad (6)$$

де S_{ez} – площа водного дзеркала ставків та водосховищ у басейні річки, км^2 , S_b – площа басейну, км^2 .

7. Забір води із річки, а потім повернення після використання відносно «очищеної» води, разом з якою потрапляють забруднюючі речовини впливає на якість річкової води, що є істотною зміною гідрохімічних характеристик. Стоки з комунальних міських очисних споруд завжди несуть надлишок поживних речовин. Стоки з промислових підприємств можуть містити в собі іони важких металів, різні органічні та неорганічні речовини. Вони суттєво пригнічують життєдіяльність водних мікроорганізмів, дрібних безхребетних тварин, сприяють зникненню окремих видів із екосистеми. Коефіцієнт водовідведення розрахований за даною формулою (7):

$$K_{\text{вв}} = \frac{V_{\text{ск}}}{Q_{\text{см}}} \quad (7)$$

де $V_{\text{ск}}$ - об'єм забруднених стічних вод, м^3 , $Q_{\text{см}}$ - об'єм стоку річки, м^3 .

8. Нераціональне внесення добрив, або недбайливе зберігання складів пестицидів на території басейну річки спричиняє потрапляння у природні води як іонів, що звичайно входять до складу незабруднених вод (хлориди, сульфати, натрій тощо), так і компонентів, які в природних водах не спостерігаються (пестициди, нітрати, нітрити, аміак, деякі важкі метали). Таким чином, склади пестицидів, які зараз знаходяться, зазвичай, у неналежному стані, відносяться до потенційних забруднювачів території басейну річки та самої річки. Формула коефіцієнту щільності забруднення пестицидами басейну річки має наступний вигляд (8):

$$K_{\text{цзн}} = \frac{N_{\text{об}}}{S_{\text{б}}} \quad (8)$$

де $N_{\text{об}}$ – кількість складів заборонених та непридатних до використання пестицидів; $S_{\text{б}}$ – площа басейну, км^2 .

9. Важливим показником «доброго здоров'я» річки є стан прибережної захисної смуги. Згідно статті 89 Водного кодексу України [4] прибережні захисні смуги виділяються в межах водоохоронних зон та є природоохоронною територією з режимом обмеженої господарської діяльності. Для малої річки ширина прибережної захисної смуги має бути 25 м з обох боків річки. У межах цієї смуги забороняється: розорювання земель, ведення садівництва та городництва; зберігання та застосування пестицидів і добрив; влаштування літніх таборів для худоби; будівництво будь-яких споруд, у тому числі баз для відпочинку, дач, гаражів та стоянок автомобілів; миття та обслуговування транспортних засобів і техніки; влаштування звалищ сміття, гноєсховищ; накопичувачів рідких і твердих відходів виробництва, кладовищ, скотомогильників, полів фільтрації тощо. Порушення стану прибережної захисної смуги, або повна її відсутність, розораність призводить до надходження у річку великої кількості твердого стоку і, як результат, замулення дна річки. Коефіцієнт розораності прибережної захисної смуги розрахований за формулою 9:

$$K_{\text{рлзс}} = \frac{S_{\text{рлзс}}}{S_{\text{лзс}}} \quad (9)$$

де $S_{\text{рлзс}}$ – площа розораної прибережної захисної смуги, км^2 , $S_{\text{лзс}}$ – площа захисної смуги, км^2

Використовуючи значення встановлених коефіцієнтів була виведена формула інтегрального коефіцієнту антропогенного навантаження (10):

$$K_{\text{ан}} = \frac{-K_{\text{л}} + K_{\text{з}} + K_{\text{р}} + K_{\text{с}} + K_{\text{зар}} + K_{\text{ер}} + K_{\text{вв}} + K_{\text{цзн}} + K_{\text{рлзс}}}{n} \quad (10)$$

де $K_{\text{л}}$ – коефіцієнт лісистості басейну річки, $K_{\text{з}}$ – коефіцієнт заболочення басейну річки, $K_{\text{р}}$ – коефіцієнт розораності басейну річки, $K_{\text{с}}$ – коефіцієнт селітебності басейну річки, $K_{\text{зар}}$ – коефіцієнт зарегульованості басейну річки, $K_{\text{ер}}$ – коефіцієнт еродованості басейну річки, $K_{\text{вв}}$ – коефіцієнт водовідведення річки, $K_{\text{цзн}}$ – коефіцієнт щільності забруднення пестицидами басейну річки, $K_{\text{рлзс}}$ – коефіцієнт розораності прибережної захисної смуги, n – число коефіцієнтів.

Для зручності оцінки інтегрального коефіцієнту антропогенного навантаження, результат потрібно перевести в бали по зазначених категоріям: природний стан 1-

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

5,0 балів, умовно-природний стан 5,1–10,0 балів, антропогенно-змінений 10,1–15,0 балів, антропогенний стан 15,1–20,0 балів, кризово-антропогенний більше 20,1 балів.

Результати дослідження викладаємо згідно фізико-географічного районування, так як між провінціями спостерігаємо певні відмінності.

Поліська мішанолісова провінція. Коефіцієнт лісистості басейнів річок цієї провінції має вищі показники ніж для інших провінцій, що природно, максимальний показник – 0,422 відповідає басейну р. Знобівка, що займає крайнє північне положення, середній показник для провінції становить 0,257 (табл. 1).

Заболоченість в середньому для провінції складає 0,028, найбільш заболочений басейн річки Осота (0,054). Коефіцієнт розораності басейнів коливається в межах від 0,32 – р. Знобівка до 0,608 – р. Осота, середній показник – 0,431. Коефіцієнт еродованості поверхні басейнів всередньому становить 0,05. Коефіцієнт селітебності показав, максимальний показник 0,18 характерний для басейну р. Шостка, мінімальний 0,038 – для басейну р. Сви́га. Найбільш зарегульована річка Шостка з показником 0,14, інші річки мають показники від 0,05 до 0,07. Водовідведення зафіксоване у річкову систему лише двох річок - Шостки та Івотки (показники незначні). Показники коефіцієнту щільності забруднення пестицидами коливається в межах від 0,005 до 0,008, а в басейнах річок Знобівка, Сви́га, Осота взагалі не зафіксовано складів пестицидів.

Виявлено, що в межах населених пунктів прибережна захисна смуга практично повністю розорана. Проведені розрахунки коефіцієнту розораності прибережної захисної смуги річок встановили, що максимальний показник коефіцієнту мають річки Шостка та Осота, що становить 0,6, а мінімальний показник – 0,1 – р. Есмань.

Обчислення інтегрального коефіцієнту антропогенного навантаження на басейни річок та переведення його в бали встановили наступне: стан басейну річки Есмань (притоки р. Реть) можна вважати *природним* зі значенням 3,1 бала, також природний стан басейну має р. Івотка (5,0), *умовно-природними* можна назвати басейни річок Знобівка, Сви́га та Реть (5,4–8,7), *антропогенно-змінений* басейн річки Осоти (14,9), найбільш змінений басейн річки Шостка, що потрапляє у категорію – *антропогенний*.

Лівобережно-Дніпровська низовинна лісостепова провінція. Коефіцієнт лісистості водозборів річок цієї провінції має, звичайно, менші показники ніж у Поліській мішанолісовій провінції та коливається в межах від 0,214 (р. Бобрик) до 0,008 (р. Івани) (табл. 2).

Заболоченість басейнів різна: від 0 (р. Борозенка) до 0,125 (р. Куколка) – найвищий показник серед досліджуваних водозборів. Що стосується коефіцієнту розораності басейнів, то він досить високий: від 0,81 (р. Хорол – в межах Сумської області) до 0,454 (р. Борозенка), середній показник – 0,646, що значно вище ніж у Поліській мішанолісовій провінції. Аналогічна ситуація і з показником коефіцієнту еродованості поверхні водозбору: дані коливаються від 0,08 (р. Чаша, р. Єзуч) до 0,35 (р. Вільшанка). Коефіцієнт селітебності показав, максимальний показник 0,161 характерний для басейну р. Куколка, мінімальний

Таблиця 1. Антропогенне навантаження на басейни малих річок Поліської мішанолісової провінції

Річка	K_n	K_s	K_p	K_{ep}	K_c	$K_{зор}$	$K_{ва}$	$K_{цзп}$	$K_{рлс}$	$K_{антр}$	Бали	Категорія стану басейну річки
Знобівка	0,422	0,024	0,32	0,05	0,063	0,05	-	-	0,4	0,054	5,4	умовно-природний
Свига	0,196	0,034	0,511	0,05	0,038	0,05	-	-	0,3	0,087	8,7	умовно-природний
Івотка	0,32	0,04	0,35	0,06	0,064	0,05	0,0004	0,007	0,2	0,05	5,0	природний
Шостка	0,11	0,01	0,55	0,05	0,18	0,14	0,0005	0,007	0,6	0,159	15,9	антропогенний
Осота	0,11	0,054	0,608	0,05	0,085	0,05	-	-	0,6	0,149	14,9	антропогенно-змінений
Есмань	0,35	0,02	0,338	0,05	0,077	0,04	-	0,008	0,1	0,031	3,1	природний
Реть	0,29	0,015	0,341	0,05	0,121	0,07	-	0,005	0,2	0,057	5,7	умовно-природний

Таблиця 2. Антропогенне навантаження на басейни малих річок Півобережно-Дніпровської низовинної лісостепової провінції

Річка	K_n	K_z	K_p	K_{ep}	K_c	K_{zap}	K_{ev}	$K_{цзп}$	$K_{pзс}$	$K_{антр}$	Бали	Категорія стану басейну річки
Вир	0,032	0,05	0,67	0,18	0,083	0,17	0,003	0,008	0,6	0,195	19,5	антропогенний
Вижлиця	0,055	0,044	0,772	0,11	0,037	0,01	-	-	0,6	0,174	17,4	антропогенний
Чаша	0,012	0,028	0,73	0,08	0,126	0,37	0,014	0,044	0,4	0,199	19,9	антропогенний
Єзуч	0,021	0,019	0,71	0,08	0,11	0,09	0,03	0,011	0,5	0,173	17,3	антропогенний
Куколка	0,143	0,125	0,458	0,08	0,161	0,07	0,011	0,011	0,8	0,213	21,3	кризово-антропогенний
Терн	0,044	0,022	0,745	0,3	0,04	0,19	-	0,022	0,525	0,204	20,4	антропогенний
Хусь	0,145	0,001	0,691	0,2	0,041	-	-	0,022	0,4	0,134	13,4	антропогенно-змінений
Бишків	0,078	0,004	0,66	0,2	0,046	0,19	-	0,005	0,4	0,159	15,9	антропогенний
Хмелівка	0,13	0,006	0,6	0,2	0,039	0,4	-	0,006	0,242	0,151	15,1	антропогенний
Олава	0,09	0,014	0,604	0,15	0,044	0,08	-	0,019	0,24	0,118	11,8	антропогенно-змінений
Локня	0,099	0,012	0,627	0,15	0,03	0,12	-	0,011	0,2	0,117	11,7	антропогенно-змінений
Голенка	0,1	0,02	0,698	0,3	0,085	-	-	0,044	0,5	0,172	17,2	антропогенний
Борозенка	0,02	0	0,454	0,2	0,028	-	-	0,042	0,222	0,103	10,3	антропогенно-змінений
Сула 243	0,12	0,01	0,599	0,3	0,11	-	-	0,027	0,333	0,139	13,9	антропогенно-змінений
Ромен	0,039	0,02	0,7	0,15	0,32	0,27	0,0002	0,014	0,343	0,198	19,8	антропогенний
Бобрик	0,08	0,012	0,762	0,2	0,031	-	0,004	0,026	0,3	0,139	13,9	антропогенно-змінений
Вільшанка	0,022	0,014	0,641	0,35	0,046	-	-	0,028	0,48	0,171	17,1	антропогенний
Супка	0,032	0,04	0,784	0,25	0,043	0,27	-	0,027	0,1	0,165	16,5	антропогенний
Вільшанка	0,22	0,006	0,481	0,15	0,079	0,15	0,003	0,017	0,42	0,121	12,1	антропогенний
Будилка	0,195	0,027	0,57	0,25	0,05	-	-	0,018	0,211	0,103	10,3	антропогенно-змінений
Бобрик	0,214	0,002	0,57	0,25	0,003	0,08	-	-	0,174	0,096	9,6	антропогенно-змінений
Братениця	0,033	0,004	0,727	0,2	0,047	0,08	-	0,013	0,277	0,146	14,6	антропогенно-змінений
Івани	0,008	0,014	0,753	0,1	0,043	0,06	-	0,010	0,615	0,176	17,6	антропогенний
Рябинка	0,095	0,025	0,715	0,1	0,058	0,13	-	0,003	0,3	0,137	13,7	антропогенно-змінений
Весела	0,019	0,009	0,67	0,1	0,038	0,15	-	0,019	0,333	0,144	14,4	антропогенно-змінений
Охтирка	0,061	0,011	0,601	0,1	0,058	0,12	0,084	0,012	0,437	0,151	15,1	антропогенний
Хухра	0,13	0,008	0,676	0,1	0,052	0,02	-	0,019	0,545	0,143	14,3	антропогенно-змінений
Гусинка	0,09	0,031	0,485	0,1	0,047	-	-	0,008	0,5	0,120	12,0	антропогенно-змінений
Кринична	0,2	0,086	0,46	0,1	0,128	-	-	-	0,727	0,145	14,5	антропогенно-змінений
Грунь* (пр.Післа)	0,029	0,002	0,5	0,3	0,041	0,01	-	0,009	0,53	0,151	15,1	антропогенний
Ташань*	0,143	0,011	0,671	0,4	0,091	0,16	-	0,009	0,514	0,190	19,0	антропогенний
Грунь (пр.Ташані)*	0,113	0,006	0,708	0,3	0,087	0,02	-	0,017	0,52	0,172	17,2	антропогенний
Хорол*	0,019	0,007	0,81	0,28	0,025	0,16	0,006	0,016	0,466	0,195	19,5	антропогенний

* в межах Сумської області

0,003 – для басейну р. Бобрик. Найбільш зарегульована річка Чаша з показником 0,37, найменш – р. Вижлиця – 0,01. По деяким невеликим річкам дані відсутні. По 9-ти річкам зафіксовані дані по водовідведенню у річкову мережу. Максимальний показник коефіцієнту водовідведення розрахований для річки Єзуч (0,03), мінімальний для р. Ромен (0,0002), але ці значення не надто показові, вони лише вказують на частку стоків від об'єму стоку річки. Коефіцієнт щільності забруднення пестицидами коливається в межах від 0,003 (р. Рябинка) до 0,044 (р. Чаша та р. Голенка). Проведені розрахунки коефіцієнту розораності прибережної захисної смуги річок басейну встановили, що максимальний показник коефіцієнту має річка Куколка, що становить 0,8, а мінімальний показник – 0,1 – р. Сулка.

На відміну від Поліської мішанолісової провінції розрахунки інтегрального коефіцієнту антропогенного навантаження та переведення його в бали виявили наступне: більшість річкових водозборів (17) потрапило у категорію *антропогенних*, 14 річкових водозборів - у категорію *антропогенно-змінених* та, навіть, 2 водозбори (р. Терн та р. Куколка) виявилися *кризово-антропогенні* зі значеннями (20,4 та 21,3 балів).

Середньоруська височинна лісостепова провінція. Коефіцієнт лісистості річкових водозборів коливається в межах від 0,026 (р. Берюшка) до 0,358 (р. Олешня), середнє значення для провінції становить 0,17 (табл. 3).

Максимальний показник коефіцієнту заболоченості сягає 0,1, але є річки де цей показник дорівнює 0. Коефіцієнт розораності басейнів, теж має високі показники, як і в річкових водозборах Лівобережно-Дніпровської низовинної лісостепоної провінції: від 0,805 (р. Берюшка) до 0,362 (р.Олешня), середній показник – 0,520. Коефіцієнт еродованості поверхні водозбору має найвищі показники серед досліджуваних річок: дані коливаються від 0,1 (р. Локня, р. Лапуга) до 0,5 (річки Дернова, Боромля, Олешня). Коефіцієнт селітебності коливається в межах від 0,011 (р. Лапуга) до 0,107 (р. Есмань). Максимально зарегульована річка Сумка – коефіцієнт зарегульованості становить 0,3, мінімальний показник у р. Локня – 0,02.

Лише у 4 річки зафіксовані дані по водовідведенню. Найвищий показник коефіцієнту водовідведення розрахований для річки Рибиця (0,01), найнижчий для р. Олешня (0,0005). Коефіцієнт щільності забруднення пестицидами коливається в межах від 0,009 (р. Боромля) до 0,056 (р. Лапуга). Максимальні значення коефіцієнту розораності прибережної захисної смуги виявлені у р. Олешня – 0,66, мінімальні у р. Удава – 0,154.

Розрахунки інтегрального коефіцієнту антропогенного навантаження та переведення його в бали виявили дещо кращу ситуацію ніж у Лівобережно-Дніпровської низовинної лісостепоної провінції: більшість річкових водозборів (9) потрапило у категорію *антропогенно-змінених*, 6 водозборів до категорії *антропогенних*.

Висновки. В результаті виконаної роботи була узагальнена та вдосконалена методика по оцінці антропогенного навантаження на басейни та на саму річку, досліджено 55 малих річок Сумської області. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки:

1. Основні фактори антропогенного впливу на басейн річки – це залісеність, заболоченість, розораність, еродованість басейну, зарегульованість річки, селітебність басейну річки, водовідведення у річкову мережу, забруднення пестицидами басейну, розораність прибережної захисної смуги річки.

2. При вдосконаленні методики по визначенню інтегрального коефіцієнту

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

Таблиця 3. Антропогенне навантаження на басейни малих річок Середньоруської височинної

Річка	K_n	K_s	K_p	K_{ep}	K_c	$K_{зар}$	K_{ee}	$K_{цзп}$	$K_{рпзс}$	$K_{антр}$	Бали	Категорія стану басейну річки
Есмань	0,135	0,027	0,609	0,2	0,107	0,12	-	0,011	0,636	0,175	17,5	антропогенний
Локня	0,237	0,016	0,525	0,1	0,035	0,02	-	0,024	0,387	0,096	9,6	антропогенно-зміненний
Лапуга	0,073	0,018	0,625	0,1	0,011	-	-	0,056	0,571	0,145	14,5	антропогенно-зміненний
Берюшка	0,026	0,0	0,805	0,2	0,028	-	-	0,02	0,583	0,178	17,8	антропогенний
Олешня (пр.Псла)	0,26	0,005	0,448	0,2	0,036	0,14	0,0005	0,026	0,66	0,140	14,0	антропогенно-зміненний
Сумка	0,042	0,005	0,585	0,25	0,046	0,3	0,010	0,036	0,5	0,188	18,8	антропогенний
Ворожба	0,235	0,003	0,501	0,25	0,036	0,08	-	0,01	0,364	0,112	11,2	антропогенно-зміненний
Рибниця	0,253	0,004	0,438	0,4	0,025	0,07	0,01	0,015	0,6	0,145	14,5	антропогенно-зміненний
Сироватка	0,319	0,016	0,407	0,4	0,084	0,10	-	0,015	0,552	0,139	13,9	антропогенно-зміненний
Легань	0,316	0,002	0,421	0,2	0,027	0,10	-	0,026	0,4	0,095	9,5	антропогенно-зміненний
Удава	0,135	0,1	0,578	0,35	0,034	-	-	0,025	0,154	0,123	12,3	антропогенно-зміненний
Пожня	0,108	0,063	0,48	0,4	0,104	0,17	-	0,018	0,414	0,171	17,1	антропогенний
Дернова	0,127	0,042	0,47	0,5	0,055	0,06	-	0,025	0,438	0,163	16,3	антропогенний
Боромля	0,246	0,041	0,541	0,5	0,08	0,06	0,003	0,009	0,5	0,165	16,5	антропогенний
Олешня	0,458	0,02	0,362	0,5	0,025	0,15	-	0,019	0,5	0,124	12,4	антропогенно-зміненний

антропогенного навантаження на басейн річки, запропоновано переведення значення у бали та виділено категорії: природний стан, умовно-природний, антропогенно-змінений, антропогенний, кризово-антропогенний.

3. Максимальні значення коефіцієнту лісистості характерні для річкових басейнів Поліської мішанолісової провінції, що позитивно вплинуло на кращий стан водозборів. Найбільший показник коефіцієнту заболоченості має басейн р. Куколки Лівобережно-Дніпровської лісостепової низовинної провінції. Найвищі показники коефіцієнту розораності річкових басейнів характерні для Лівобережно-Дніпровської лісостепової низовинної провінції, а коефіцієнту еродованості для річкових басейнів Середньоруської височинної лісостепової провінції. Значення коефіцієнту у селітебності коливається приблизно в однакових позиціях для всіх річкових басейнів фізико-географічних провінцій. Найбільш зарегульовані виявилися річки Чаша та Сумка. Водовідведення було зафіксовано лише у 15 річкових систем – це лише 24 % досліджуваних річок. Максимальні значення коефіцієнту щільності забруднення пестицидами розраховані для річок Лапуга, Чаша, Голенка. Найвищі показники коефіцієнта розораності прибережної захисної смуги аналогічні найвищим показникам коефіцієнта розораності водозборів, що характерні для Лівобережно-Дніпровської лісостепової низовинної провінції.

4. Розрахований інтегральний коефіцієнт антропогенного навантаження встановив, що із 55 досліджених річкових басейнів Сумського Придніпров'я лише 2 водозбори відносяться до категорії природних, 3 – до категорії умовно-природних, 24 – до категорії антропогенно-змінених, 24 – до категорії антропогенних та 2 річкових басейни до кризово-антропогенних. Найкраща ситуація спостерігається на водозборах Поліської мішанолісової провінції, найгірша – на водозборах Лівобережно-Дніпровської лісостепової низовинної провінції.

Список літератури

1. Антипов А. Н. Ландшафтная гидрология: теория, методы, реализация / Антипов А. Н., Гагаринова О. В., Федоров В. Н. // География и природные ресурсы. – 2007. – № 3. – С. 56-66. 2. Атлас Сумської області / [ст. ред. Л. М. Веклич]. – К. : Укргеодезкартографія, 1995 – 40 с. 3. Водний і меліоративний фонди Сумської області : Довідник. – Суми, 2006. – 128 с. 4. Водний кодекс України. 5. Глушков В.Г. Вопросы теории и методы гидрологических исследований / В.Г. Глушков. — М. : Изд.-во АН СССР, 1961. — 416 с. 6. Екологічний паспорт Сумської області станом на 01.01.2010 р. — Суми : ПКП «Еллада S», 2010. — 110 с. 7. Коронкевич Н.И. Водный баланс русской равнины и его антропогенные изменения / Н.И. Коронкевич. — М. : Наука, 1990. — 203 с. 8. Стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2009 році (Доповідь). – Суми: ПКП «Еллада S», 2010. – 84 с. 9. Субботин А.И. Ландшафтно-гидрологические исследования в бассейне реки Москвы / А.И. Субботин, В.С. Дыгало // Гидрологические исследования ландшафтов. — Новосибирск : Наука, 1986. — С. 30—38. 10. Тюленева В.А. Оценка антропогенных изменений в бассейнах малых рек / В.А. Тюленева // Проблемы охраны і раціонального використання природних ресурсів Сумщини: Зб. наук.праць. – Суми : вид-во СумДПУ ім. А. С.Макаренка, 2003. – С. 25 – 29.

Оцінка антропогенного навантаження на басейни малих річок Сумського Придніпров'я Данильченко О.С.

Охарактеризовано фактори антропогенного впливу на басейн річки та вдосконалено методику дослідження антропогенного навантаження. Особлива увага приділяється визначенню коефіцієнтів антропогенного навантаження на басейни річок Сумського Придніпров'я. Встановлено, що більшість річкових басейнів відносяться до категорій антропогенно-змінених та антропогенних.

Ключові слова: антропогенне навантаження; мала річка; басейн річки; Сумське Придніпров'я.

Оценка антропогенной нагрузки на бассейны малых рек Сумского Приднестровья

Данильченко О.С.

Охарактеризовано факторы антропогенной нагрузки на бассейн реки и усовершенствовано методику антропогенной нагрузки. Особенное внимание оказывается вычислению коэффициентов антропогенной нагрузки на бассейны рек Сумского Приднестровья. Установлено, что большинство речных бассейнов относится до категории антропогенно-измененных и антропогенных.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка; малая река; бассейн реки; Сумское Приднестровья.

Estimation of the anthropogenic burden on basins of small rivers of Sumy Pridnestrovie

Danylchenko O.S.

Characterized factors of anthropogenic influence on basin of river and methodology of research of anthropogenic burden. The special attention is spared to determination of the coefficients of anthropogenic burden on basins of the rivers of Sumy Pridnestrovie. Found that most of the river basins refers to the category of anthropogenically altered and anthropogenically.

Keywords: anthropogenic burden; small river; basin of river; Sumy Pridnestrovie.

Надійшла до редколегії 07.10.2013

УДК 504.57

Шевчук І.О., Зацаринна О.Д., Сукач Л.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ РІЧКИ РОСЬ

Ключові слова: річкові води, об'єм водного стоку, іонний стік, антропогенне навантаження, антропогенна складова, екологічний стан, джерела забруднення

Постановка проблеми та її значення. Однією з болючіших проблем сьогодення – є проблема забруднення навколишнього середовища, зокрема водних ресурсів, екологічного «здоров'я» річок та озер, які являються основними постачальниками питної води. За останні 70-80 років хімічний склад річкових вод зазнав значних змін, в сторону погіршення їх якості. Попередні дослідження показали, що в результаті техногенного навантаження на природні водні об'єкти суттєво зростають концентрації головних іонів, що призводить до трансформації соляного складу поверхневих вод у напрямку підміни природного хімічного складу іншим – антропогенним [1, 2].

У цьому зв'язку важливим є вивчення хімічних характеристик стоку річок у вигляді виносу розчинних у воді речовин. З геохімічних позицій цей показник характеризує кінцевий результат сукупності процесів, які перебігають на даній території: вивітрювання ґрунтів, стік продуктів вивітрювання порід, розчинення осадових порід, розклад органічних речовин, що характеризують міграцію елементів та обмін речовин в природі. Кількісний та якісний склад окремих елементів стоку розчинених речовин визначається ландшафтом та його зональністю, а головною складовою хімічного стоку є річковий іонний стік [3, 4].

В сучасних умовах, коли на хімічний склад річкових вод значно впливає господарська діяльність, спостерігають і суттєві зміни у характеристиках стоку розчинених хімічних речовин. Дослідження цих змін являється актуальним гідрохімічним завданням.

Мета роботи – дослідити динаміку якісних та кількісних змін іонного стоку р. Рось в пункті м. Корсунь-Шевченківський (замикаючий створ) та визначити його антропогенну складову (АС) у сучасному гідрохімічному режимі річки.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

Виклад основного матеріалу і обговорення отриманих результатів. У формуванні іонного стоку важливу роль відіграють різні види господарської діяльності. Серед них можна виділити ті, що спричиняють безпосереднє надходження у річки стічних вод різного ступеня забрудненості, а також ті, що формують стік хімічних компонентів за певних умов їх змиву з територій, які несуть на собі антропогенні навантаження. Слід відмітити, що головні іони антропогенного генезису досить консервативні і перебувають в річкових водах практично у тих кількостях, в яких надходять до них.

Зважаючи на важливість такої геохімічної характеристики, як іонний стік, що враховує природні та антропогенні процеси на водозборі, його вивчення є важливою і актуальною задачею, особливо для такої річки, якою являється Рось.

В басейні р. Рось розташовано 3386 водних об'єктів, з них 1136 малих річок загальною довжиною 4827 км, 2175 ставків, 67 водосховищ та 7 озер. Висока зарегульованість річок басейну призвела до уповільнення течії, порушення водообміну та процесів самоочищення. Значно погіршилась якість води [5].

Іонний стік розраховується за формулою:

$$R_i = W \cdot C, \quad (1)$$

де W – об'єм водного стоку, м^3 ; C – концентрація іонів або їх сума, тобто величина мінералізації, мг/дм^3 . Розмірність R_i – т/рік, т/гідрологічний період.

Службою Центральної геофізичної обсерваторії спостереження за хімічним складом води на р. Рось ведуться з 1939 року. Ці дані лягли в основу досліджень. За період з 1939 по 2006 роки нами розраховано об'єми водного та іонного стоку за рік та у різні фази гідрологічного режиму (весняне водопілля, зимова та літньо-осіння межені).

Отримані результати розрахунків середньорічного іонного стоку р. Рось проілюстровані на рис. 1, де можна помітити тенденцію росту стоку іонів в період 1978-1989 рр., та незначного спаду після 1990 р. Зменшення іонного стоку після 90-х років пов'язано, як і для басейнів інших річок України, зокрема басейну Дніпра [6], із занепадом господарської діяльності та економічним спадом в країні.

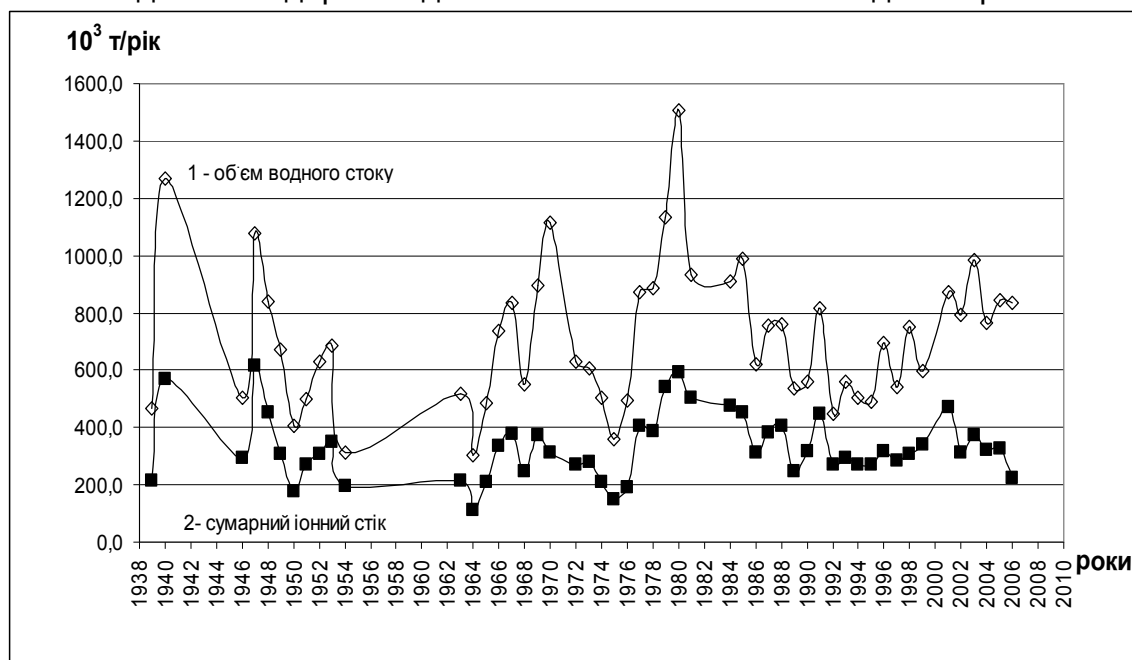


Рис.1. Динаміка річного водного стоку та сумарного іонного стоку р. Рось – м. Корсунь-Шевченківський за період 1939-2006 рр.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

Значною мірою зріс стік окремих розчинених у воді р. Рось солей, у порівнянні з 1939 роком. Зокрема, для іонів SO_4^{2-} цей показник збільшився з 4,99 тис. т/рік до 17,17 тис. т/рік у 2006 році, а пік припав на 1980 р. і становив 76,06 тис. т/рік. Стік іонів Cl^- змінювався у таких межах: 5,55 тис. т/рік у 1939 р. і 24,47 тис. т/рік у 2006 р., досягаючи максимальних значень у 1993 р. – 66,7 тис. т/рік. Стосовно стоку катіонів, то тут привалює, перш за все, виніс іонів Ca^{2+} і коливається у дуже широких межах (рис. 2). Стік іонів Mg^{2+} за весь цей час збільшився приблизно у два рази – з 11,7 у 1939 р. до 21,1 тис. т/рік у 2006 р., так само як і сумарний стік іонів Na^+ та K^+ – 5,1 тис. т/рік на початку спостережень і досяг 11,5 тис. т/рік наприкінці.

Розподіл іонного стоку за сезонами показав, що найбільша кількість сульфат- і хлорид-іонів виноситься річкою в період літньо-осінньої межени і досягає найвищих значень у 1991 р. відповідно 2,81 тис. т/сезон та 2,73 тис. т/сезон (фонові значення для цієї водної фази становлять 0,16 і 0,18 тис. т/сезон). Близькі до них величини стоку зазначених іонів в період весняного водопілля. Мінімальний їх стік (на порядок нижче), спостерігався в період зимової межени.

Суттєво за останні 10 років зріс стік іонів Ca^{2+} , причому максимуми припадають на період водопілля – в середньому 3,31 тис. т/сезон. Дещо нижчі показники, отримані для теплої меженої періоду – 2,5 тис. т/сезон, і спостерігається значне зменшення стоку іонів Ca^{2+} для холодного часу року – 0,88 тис. т/сезон. Аналогічно на протязі всього періоду спостережень характеризується стік іонів Mg^{2+} та $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ з максимумами під час весняного водопілля (Mg^{2+} – у 1940 р. 0,9 тис. т/сезон, у 2006 р. 1,74 тис. т/сезон; $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ - у 1940 р. 0,67 тис. т/сезон, у 2006 р. 0,76 тис. т/сезон).

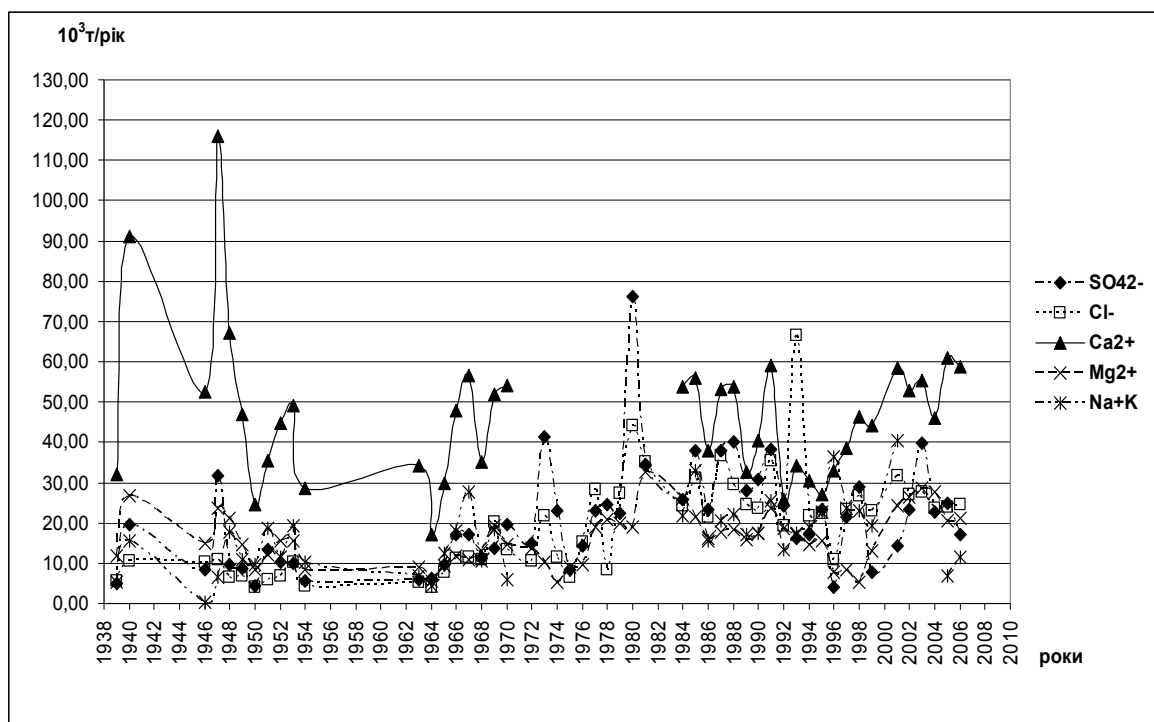


Рис.2. Динаміка річного стоку іонів р. Рось – м. Корсунь-Шевченківський за період 1939-2006 рр.

Стік іонів р. Рось – м. Корсунь-Шевченківський помітно збільшився у порівнянні з 1940 роком. Цей процес залежить від безлічі природних та антропогенних чинників, що приймають участь у процесі солеутворення річкових вод.

До елементів антропогенного походження відносять скиди промислово-побутових стічних вод, зливові води з урбанізованих територій, поверхнево-схиловий стік з сільгоспугідь, крім того, частку іонного стоку за рахунок збільшення мінералізації опадів через викиди в атмосферу промислових підприємств та енергетики, збільшення мінералізації підземних вод, що живлять річки тощо.

Антропогенна складова іонного стоку обраховувалась за формулою [7]:

$$G_A = G_i - G_{HCO_3}/K_\Phi, \quad (2)$$

де G_A – антропогенна складова компонента сольового стоку за розрахунковий період; G_i – сумарний виніс компонента сольового стоку за розрахунковий період; G_{HCO_3} – стік гідрокарбонатних іонів за розрахунковий період; K_Φ – емпіричний коефіцієнт, в якості якого використовуються стабільні у незабрудненому стоці річки у фоновий період співвідношення виносів головних іонів: HCO_3^-/SO_4^{2-} ; HCO_3^-/Cl^- ; HCO_3^-/I_k .

Для визначення антропогенної складової (АС) іонного стоку р. Рось - м. Корсунь-Шевченківський за відносний природний фон взяли період початку гідрохімічного моніторингу, а саме 1940-1944 рр. З ним порівнювали дані, осереднені за п'ять років (1945-1949; 1950-1954, 2005-2006 рр.).

Після обчислення антропогенної складової визначили її частку від загального іонного стоку для всіх компонентів. Отримані результати показали, що якість води р. Рось погіршується в основному за рахунок значного підвищення стоку іонів SO_4^{2-} , Cl^- та суми Na^+ і K^+ . Причому, суттєвий стрибок частки антропогенної складової по цих іонах припадає на початок 80-х років минулого століття і складає 79, 69 і 54% відповідно, а наприкінці 90-х за відомими причинами дещо зменшується для SO_4^{2-} (62%) і Cl^- (61%) і зростає тільки для $Na^+ + K^+$ (76%). За період 2005-2006 рр. частка антропогенної складової знову зростає для SO_4^{2-} і Cl^- і становить 79%, а для $Na^+ + K^+$ падає до 49%.

Не дивлячись на збільшення останнім часом стоку іонів Ca^{2+} , антропогенна складова для нього не визначена (незрозуміло високі фонові значення, ймовірно пов'язані з методикою визначення у воді цього іона) – лише за період 1985-1989 рр. вона становила 5 %. Також незначною є частка антропогенної складової для іонів Mg^{2+} - 13% за період 1980-1984 рр. і 16% за період 2005-2006 рр.

За сезонним розподілом найбільші значення АС для SO_4^{2-} отримані в період літньо-осінньої межні – 77% (1985-1989 рр.), приблизно рівні значення в холодний меженний період (62%) і на водопілля (69%). В той же час максимумами АС для іонів Cl^- спостерігаються в меженні періоди і складають 82% взимку і 74% в теплий період, змінюючись навесні до 67%. Подібно до Cl^- протягом цього відрізка спостережень розподіляється по сезонах АС для $Na^+ + K^+$ – найбільші значення в меженні періоди 67% і 51% (в холодний і теплий відповідно) та 48% під час водопілля. Для іонів Mg^{2+} найбільш висока частка антропогенної складової припадає на зимову межень і складає 31%.

Одним зі значних факторів погіршення екологічного стану та якості води р. Рось є велике антропогенне навантаження. Близькість приватного сектора до урізу води, розорювання, засмічення, забудова прибережних смуг, заплавних земель, що негативно впливає на стан річки Рось і всього басейну в цілому - річки деградують, замулюються, зменшується пропускна спроможність їх русел. Інтенсивне використання в народному господарстві річок басейну Росі порушує їх природний, гідробіологічний, гідрохімічний режим, зменшує водність.

За даними Басейнового управління водних ресурсів р. Рось, в басейні

розміщено чотири водозабори питного водопостачання – Білоцерківський, Богуславський, Миронівський і Корсунь-Шевченківський, водозабори промислових підприємств та цукрових комбінатів, що забирають воду з р. Рось та її приток. В цілому в басейні забір води із поверхневих джерел на потреби населення та галузей народного господарства складає близько 90 млн.м³ на рік, а скид стічних та колекторно-дренажних вод – 65 млн.м³, у тому числі недостатньо очищених – 14,7 млн.м³, без очистки – 2,1 млн.м³. Для порівняння об'єм річного водного стоку р. Рось – м. Корсунь-Шевченківський за останні роки в середньому складає 857,1 млн.м³. Особливу тривогу викликає стан зливової каналізації міст і селищ басейну, де взагалі не передбачено ніякої очистки. Тому весь бруд потрапляє в річки, які замулюються і перетворюються на колектори стічних вод. Про що свідчить високий стік та частка АС іонів Cl⁻ та Na⁺+K⁺ (на нашу думку, до цього призвело, зокрема, ненормоване використання солі останнім часом на вулицях населених пунктів), а також стік і АС іонів SO₄²⁻. Крім забруднених стічних вод, що скидають житлово-комунальні господарства, на якість води р. Рось впливає сільськогосподарське виробництво та обслуговуючих його підприємств харчової, менше легкої промисловості (табл.). Це, зокрема, міста Погребище, Біла Церква, Богуслав, Миронівна, Кагарлик, Узин, Тетіїв та Корсунь-Шевченківський.

Таблиця . Перелік підприємств, стічні води яких містять головні іони*

Підприємства	Головні іони						
	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Тваринницькі комплекси						+	+
Стічні води с/г угідь		+	+	+	+	+	+
Молочні				+			
Рибні		+	+			+	
Плодоовочеві						+	
Виробництво дріжджів			+			+	
Цукрові	+	+	+	+	+		+
Текстильні		+	+	+	+	+	
Шкіряні		+	+				

* - За даними Верхньодніпровського басейнового управління.

Висновки. В басейні річки Рось склалася вкрай незадовільна екологічна обстановка. Спостерігається стійка тенденція зростання стоку іонів SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺ і K⁺ антропогенного походження.

Основні джерела надходження цих забруднюючих речовин – це стічні води з сільгоспугідь та підприємств харчової промисловості, неочищені води житлово-комунальних господарств. Ситуація, що склалася в басейні р. Рось, потребує вжити термінових заходів що до її поліпшення.

Список літератури

1. Хильчевский В.К. Модернизация классификации природных вод О. А. Алекина для исследования трансформации химического состава поверхностных вод / Хильчевский В. К., Курило С. М., Руденко Р. В. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 11. – С. 32-37.
2. Хильчевський В. К. Основи гідрохімії / Хильчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 312 с.
3. Перельман А. И. Геохимия ландшафта / Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

А. И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1975. – 341 с. **4. Ромась М. І.** До визначення антропогенних складових іонного стоку р. Південний Буг / Ромась М. І., Чунарьов О. В., Шевчук І. О. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – Т. 13. – С. 118-123. **5.** Особливості гідрохімічного режиму р. Рось / В. К. Хільчевський, С. М. Курило, В. М. Савицький, С. О. Сілевич // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – Т. 12. – С. 132-141. **6. Хільчевський В. К.** Характеристики іонного стоку річок басейну Дніпра // Хільчевський В. К., Маринич В. В., Савицький В. М. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т. 5. – С. 226-240. **7. Максимов М. П.** Критерии оценки антропогенных изменений и расчет антропогенной составляющей ионного стока рек / М. П. Максимов // Водные ресурсы. – 1985. - №3. – С.71-75.

Екологічні проблеми річки Рось

Шевчук І.О., Зацаринна О.Д., Сукач Л.В.

Досліджена динаміка якісних та кількісних змін іонного стоку р. Рось та визначена його антропогенна складова. Вказані джерела забруднення даного водного об'єкту.

Ключові слова: річкові води, об'єм водного стоку, іонний стік, антропогенне навантаження, антропогенна складова, екологічний стан, джерела забруднення.

Экологические проблемы реки Рось

Шевчук И.А., Зацаринна О.Д., Сукач Л.В.

Исследована динамика качественных и количественных изменений ионного стока р. Россь и определена его антропогенная составляющая. Указаны источники загрязнения данного водного объекта.

Ключевые слова: речные воды, объем водного стока, ионный сток, антропогенная нагрузка, антропогенная составляющая, экологическое состояние, источники загрязнения.

Ecological problems of the small river of Ros'

Shevchuk I.A., Zaccarinna O.D., Sukach L.V.

Investigational dynamics of high-quality and quantitative changes of ionic flow Ross' and his anthropogenic constituent is certain. The sources of contamination of this water object are indicated.

Keywords: river waters, volume of water flow, ionic flow, anthropogenic loading, anthropogenic constituent, ecological state, sources of contamination.

Надійшла до редколегії 14.10.2013

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

УДК 551.581(477)

Затула В.І.¹, Затула Н.І.²

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка

² Національний авіаційний університет, м. Київ

РІЧНА АМПЛІТУДА ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ І КОНТИНЕНТАЛЬНІСТЬ КЛІМАТУ УКРАЇНИ

Ключові слова: річна амплітуда температури повітря; континентальність; індекс континентальності; кліматологічний стандартний період

Вступ. Раціональне використання кліматичних ресурсів України вимагає якомога повнішої і глибшої характеристики усього комплексу її кліматичних умов, серед яких важливе місце посідають річна амплітуда температури повітря та пов'язана із нею континентальність клімату. Вони є не тільки складовою загальної характеристики клімату, але й важливими чинниками, які безпосередньо впливають на роботу багатьох галузей народного господарства.

Постановка та актуальність проблеми. Річна амплітуда температури і континентальність як фундаментальні властивості клімату вивчаються ще із середини ХІХ ст., коли Дове запровадив поняття ізаномал широтних температур і запропонував перший спосіб зображення ступеня континентальності [2]. Найбільший внесок у подальше їх вивчення внесли В. Ценкер, Л. Горчинський, Г. Лаутензах, М.М. Іванов та С.П. Хромов.

Річну амплітуду температури повітря в Україні досліджували З.С. Бондаренко і С. Ф. Рудишина [1], а континентальність клімату – П.І. Колісник [3].

У зв'язку із постійними коливаннями і змінами кліматичного режиму актуальним завданням є періодична переоцінка показників континентальності клімату. Разом з тим, така переоцінка щодо території України давно не проводилася.

Об'єкти дослідження – річна амплітуда температури повітря і континентальність клімату України.

Основною метою роботи є характеристика географічного розподілу річної амплітуди температури повітря і континентальності клімату на території України за кліматологічний стандартний період 1961-1990 рр.

Матеріал і методи досліджень. Дане дослідження ґрунтується на відомостях Кліматичного кадастру України про середню місячну температуру повітря на 187 метеорологічних станціях країни за період 1961-1990 рр. На їх основі обчислювалася річна амплітуда температури повітря та індекси континентальності, які опрацьовувалися з допомогою пакету програм "Microsoft Excel" за стандартними методиками, прийнятими у математичній статистиці і кліматології. При підготовці статті використовувався метод регресійного аналізу, а для представлення отриманих результатів також графічний і картографічний методи.

Виклад основного матеріалу. Континентальність є однією з найважливіших якостей клімату, що відображає сумісний вплив на повітряні маси як материків, так

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

і океанів. Для визначення ступеня (індексу) клімату найчастіше користуються таким кліматичним показником, як річна амплітуда температури повітря.

Річна амплітуда температури повітря, як відомо, визначається процесами теплообміну, адвекцією повітряних мас з океану і залежить від географічної широти, близькості океану, характеру рельєфу тощо. З погляду оцінки континентальності клімату, особливе значення набуває віддаленість розглядуваної території від морів та океанів. Так, річні амплітуди температури і над океанами, і, особливо, над материками у високих широтах значно більші, ніж у низьких широтах. Тому коректне порівняння ступенів континентальності клімату в різних регіонах вимагає не тільки врахування річної амплітуди температури, але і виключення з останньої впливу географічної широти.

На сьогоднішній день відомими є близько двох десятків способів розв'язання цього завдання. Найпростіший спосіб ще в 1888 р. запропонував В. Ценкер [6]:

$$K_{\text{ц}} = \frac{600}{5} \frac{A_p}{\varphi} - 20, \quad (1)$$

де $K_{\text{ц}}$ – індекс континентальності клімату Ценкера, у відсотках; A_p – річна амплітуда температури, °С; φ – географічна широта, град.

Деякий час дослідники, зокрема Шрепфер у 1925 р., намагалися вдосконалити індекс Ценкера шляхом введення інших сталих коефіцієнтів, отриманих емпірично. Та найвдалішою модифікацією виявилася формула Л. Горчинського [5], в якій підбір коефіцієнтів не тільки втратив свою проблемність, але й набув важливий фізичний зміст:

$$K_{\text{Гр}} = C \frac{A_p - 12 \sin \varphi}{\sin \varphi}, \quad (2)$$

де $K_{\text{Гр}}$ – індекс континентальності клімату Горчинського, відсотків; A_p – амплітуда річного ходу температури у даному пункті, °С; вираз $12 \sin \varphi$ характеризує середнє багаторічне значення амплітуди температури над океаном в широтному поясі між 30 і 60° широти; φ – географічна широта, град.; C – деякий безрозмірний коефіцієнт, значення якого підбиралося виходячи із припущення, що середня континентальність над океаном дорівнює нулю, а у Верхоянську, що на північному сході Сибіру – 100 %.

Таким чином, після виключення (віднімання) з фактичної річної амплітуди A_p значення відповідної їй амплітуди під широтою φ в деякому "середньому океанічному кліматі" ($\bar{A}_{\text{ок}}(\varphi) = 12 \sin \varphi$), Л. Горчинський дістав остаточну формулу:

$$K_{\text{Гр}} = 1,7 \frac{A_p}{\sin \varphi} - 20,4. \quad (3)$$

На основі (3) було побудовано карту географічного розподілу величини континентальності клімату для усієї Земної кулі. При цьому умовно вважалося, що для морського і перехідного кліматів величина $K_{\text{Гр}}$ змінюється від 0 % до 33 %, для континентального клімату – від 34 % до 66 %, а для різко континентального клімату – від 67 % до 100 %.

В 1957 р. російський метеоролог С. П. Хромов запропонував ще один спосіб визначення показника континентальності клімату [4], що базується на індексі

Горчинського. З цією метою він запровадив поняття "суто океанічної амплітуди", в якості якої бралася не середня океанічна амплітуда, як у його попередника [5], а річна амплітуда температури над океаном за умови відсутності материкових впливів. Як з'ясувалося, для таких районів має місце співвідношення

$$A_{\text{ок}}(\varphi) = 5,4 \sin \varphi, \quad (4)$$

де $A_{\text{ок}}(\varphi)$ – "суто океанічна амплітуда", °С; φ – географічна широта, град.

Хромов запропонував інший спосіб побудови індексу континентальності, згідно з яким замість співвідношення різниці амплітуд ($A_p - A_{\text{ок}}(\varphi)$) до $\sin \varphi$, як у Горчинського, було використане співвідношення цієї різниці до фактичної амплітуди A_p . Вважаючи неможливою стовідсоткову континентальність на Земній кулі в принципі, Хромов опустив з конструкції (2) Горчинського і сам коефіцієнт C . Після цього формула набула остаточного вигляду

$$K_{\text{хр}} = \frac{A_p - 5,4 \sin \varphi}{A_p} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

де $K_{\text{хр}}$ – індекс континентальності клімату Хромова, відсотків; A_p – амплітуда річного ходу температури у даному пункті, °С; φ – географічна широта, град.

За формулою (5) було побудовано карту континентальності клімату для усієї Земної кулі. Згідно із нею, значення $K_{\text{хр}}$ коливаються від 10 % і менше у внутрішніх частинах усіх океанів Південної півкулі до понад 90 % над Центральною і Північно-Східною Азією та невеликими областями Австралії, Північної Африки і Південної Америки. В глибині Євразії, поблизу Верхоянська досягається максимально можливе на Землі значення індексу – 92 %.

Таким чином, індекс $K_{\text{хр}}$ характеризує відносний внесок материкових впливів в річну амплітуду температури, а тому з усіх розглянутих вище показників найбільшою мірою відповідає існуючим уявленням про фізичну природу поняття континентальності клімату. Цим зумовлено вибір даного індексу як основного показника континентальності клімату України.

На першому етапі дослідження для кожної із 187 метеорологічних станцій України було обчислено амплітуду річного ходу температури повітря:

$$A_p = t_{\text{max}} - t_{\text{min}}, \quad (6)$$

де t_{max} і t_{min} – середні місячні температури повітря найтеплішого і найхолоднішого місяців року відповідно, °С.

Отримані значення річної амплітуди температури осереднювалися за секторами довготи і широтними колами шириною 1°. Розподіл середніх річних амплітуд температур повітря залежно від географічних координат метеорологічних станцій показано на рис. 1.

Як видно з рис. 1, річна амплітуда температури повітря залежить від географічної довготи і широти пунктів спостереження, причому у першому випадку цей зв'язок близький до лінійного (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,882$), а у другому випадку він є поліноміальним ($R^2 = 0,975$).

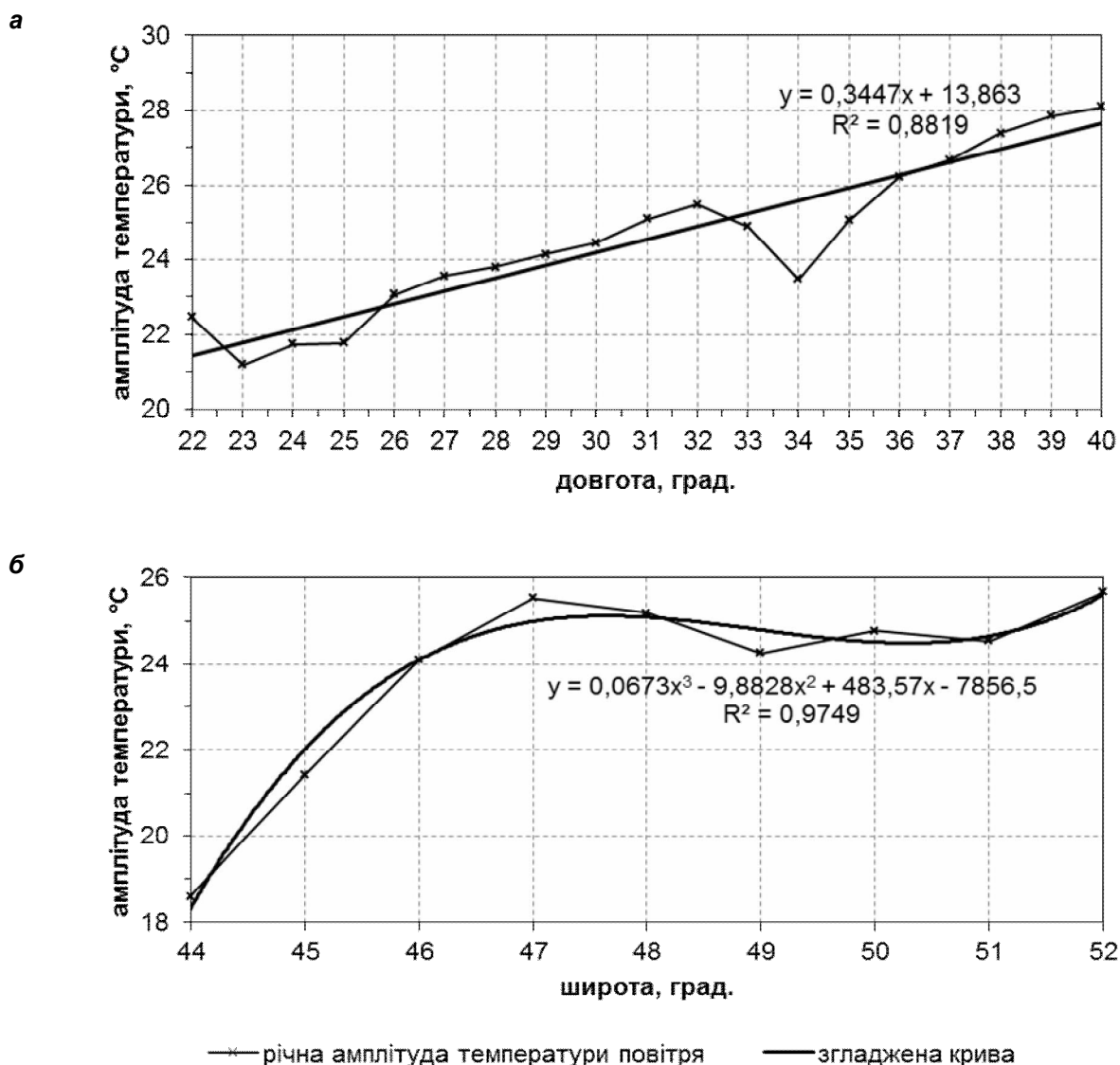


Рис. 1 Розподіл середньої річної амплітуди температури повітря в Україні:
а – за секторами довготи; б – за широтними колами

Близькою до лінійної ($R^2 = 0,721$) є також залежність середньої річної амплітуди температури повітря від гіпсометричного положення станції, однак вона краще описується поліномом 2-го степеня (рис. 2).

Значне зменшення річної амплітуди температури в гірських районах країни відбувається внаслідок того, що влітку середні місячні температури повітря при піднятті вгору знижуються швидше, ніж взимку [1]. Така особливість річного ходу температури наближає гірські місцевості до умов морських узбереж. Однак у від'ємних формах рельєфу (долинах, улоговинах і западинах) річна амплітуда температури, а з нею і індекс континентальності дещо зростають.

Представлені вище результати вказують на значну залежність середньої річної амплітуди повітря від просторового положення пунктів спостереження, що відобразилося на карті індексу континентальності клімату С.П. Хромова (рис. 3).

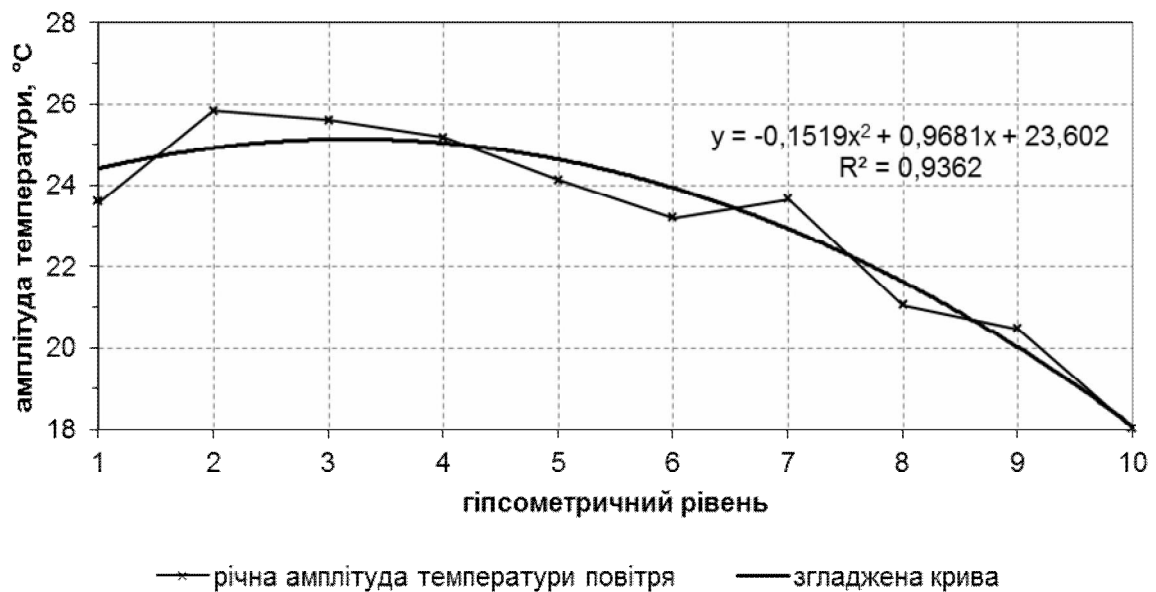


Рис. 2. Розподіл середньої річної амплітуди температури повітря в Україні залежно від гіпсометричного рівня станції:

1 – до 50 м (32 метеостанції); 2 – від 50 до 100 м (25); 3 – від 100 до 150 м (32); 4 – від 150 до 200 м (38); 5 – від 200 до 250 м (23); 6 – від 250 до 300 м (16); 7 – від 300 до 400 м (7); 8 – від 400 до 500 м (4); 9 – від 500 до 1000 м (7); 10 – понад 1000 м (3).

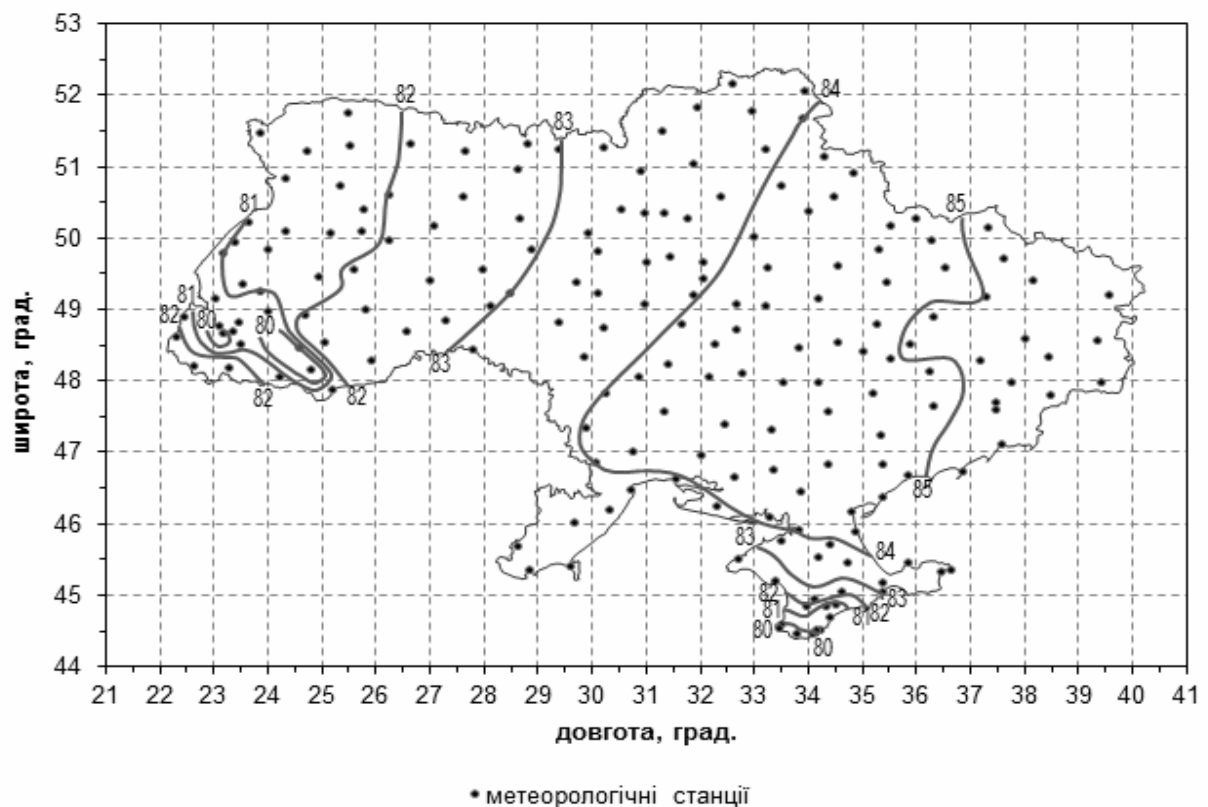


Рис. 3. Індекс континентальності клімату С.П. Хромова.

Як видно з рис. 3, індекс континентальності клімату С.П. Хромова на більшій частині території країни змінюється у межах від 80 % до 85,5 %.

Найменшим ступенем континентальності вирізняються західні і північно-західні райони країни, які характеризуються загальною нестійкістю і різкими

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

змiнами погоди, зумовленими близькістю до Атлантики, частим проходженням циклонів і випаданням великої кількості опадів. Під впливом океану тут помітно послаблюється суворість зими і літня спека та подовжується тривалість перехідних сезонів року.

Найбільші значення K_{xp} (до 85,7 %) спостерігаються у найвіддаленіших від Атлантичного океану східних і південно-східних районах України, кліматичний режим яких формується під значним впливом континентальних повітряних мас з характерними для них сухістю і значною стійкістю погоди (морозною взимку і жаркою улітку) та великою річною амплітудою температури. Тут також зменшується тривалість перехідних сезонів року, чіткіше виявляються інші риси континентального клімату [2, 3].

Особливо малі значення індексу континентальності відмічаються у високогірних районах Українських Карпат (77-81 %) і на крайньому півдні Кримського півострова (79-81 %), що пояснюється сукупним впливом Чорного моря і Кримських гір.

Представлений на рис. 3 розподіл індексу континентальності клімату за кліматологічний стандартний період 1961-1990 рр. майже не відрізняється від розподілу, отриманого П. І. Колісником у 1980 р. без зазначення періоду спостережень [3]. Основні відмінності полягають у невеликому, практично у межах одного відсоткового пункту, зменшенні показника K_{xp} над більшою частиною території країни. Відмінності у формі і напрямку простягання його ізоліній мають локальний і, можливо, випадковий характер, пов'язаний зі специфікою використаних періодів спостережень та нерівномірністю змін клімату в різних районах країни.

Висновки. Аналізуючи матеріали дослідження, можна дійти таких висновків. Встановлено, що географічне положення метеорологічної станції має суттєвий вплив на середню річну амплітуду температури повітря. На рівнинній частині території України континентальність клімату в цілому зростає у напрямку із північного заходу на південний схід, відповідно до загального напрямку збільшення річної амплітуди температури і зменшення кількості опадів. У високогірних районах Українських Карпат і Кримських гір річний хід температури повітря виражений слабше. Тут індекс континентальності на декілька відсоткових пунктів зменшується порівняно із його значеннями на рівнині. Азовське море через його мілководність майже не пом'якшує клімат свого узбережжя. Слабко виявляється, причому тільки у вузькій прибережній смузі, і вплив Чорного моря. В розглядуваний період в Україні спостерігалася слабка тенденція до посилення океанічності клімату.

Представлені вище матеріали можуть бути використані для побудови моделі множинної регресії як для річних амплітуд температур повітря, так і для індексу континентальності Хромова. Окремим напрямком розвитку дослідження може бути оцінка зміни континентальності клімату в сучасний період.

Список літератури

1. Температура воздуха на Украине / В. Н. Бабиченко, С. Ф. Рудышина, З. С. Бондаренко, Л. М. Гущина ; под ред. В. Н. Бабиченко. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 400 с.
2. *Блютген И.* География климатов : в 2 т. / И. Блютген. – М. : Прогресс, 1973. – Т. 2. – 402 с.
3. *Колісник П.І.* Континентальність клімату України / П. І. Колісник // Вісник Київ. ун-ту. Сер. Географія. – 1980. – Вип. 22. – С. 36-41.
4. *Хромов С.П.* К вопросу о континентальности климата / С. П. Хромов // Изв. Всесоюзн. географ. общ-ва. – 1957. – Т. 89, вып. 3.
5. *Gorczyński W.* Sur le calcul du degré de continentalisme et son application

dans la climatologie / Gorczyński W. // Georg. Annaler. – 1920, 2. – P. 324-331. 6. Zenker W. Die Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche / Zenker W. – Berlin, 1888.

Річна амплітуда температури повітря і континентальність клімату України

Затула В.І., Затула Н.І.

Оцінено вплив географічного положення на середню річну амплітуду температури повітря в Україні. Побудовано регресійні моделі розподілу середньої річної амплітуди температури залежно від географічних координат та абсолютної висоти станцій. Побудовано карту індексу континентальності Хромова за період 1961-1990 рр. Виявлено слабку тенденцію до посилення океанічності клімату України.

Ключові слова: річна амплітуда температури повітря; континентальність; індекс континентальності; кліматологічний стандартний період.

Годовая амплитуда температуры воздуха и континентальность климата Украины

Затула В.И., Затула Н. И.

Оценено влияние географического положения на среднюю годовую амплитуду температуры воздуха в Украине. Построены регрессионные модели распределения средней годовой амплитуды температуры в зависимости от географических координат и абсолютной высоты станций. Построена карта индексу континентальности Хромова за период 1961-1990 гг. Выявлена слабая тенденция к усилению океаничности климата Украины.

Ключевые слова: годовая амплитуда температуры воздуха; континентальность; индекс континентальности; климатологический стандартный период.

Annual amplitude of air temperature and continentality of climate in Ukraine

Zatula V.I., Zatula N.I.

The influence of geographical location on the average annual amplitude of the air temperature in Ukraine was estimated. The regression models of the spatial distribution of average annual amplitude of the temperature were constructed depending on the geographical coordinates and the absolute altitude of the stations. The map of Khromov continentality index was constructed for the period of 1961-1990 years. A weak tendency to decrease of continentality of climate in Ukraine was found.

Keywords: annual amplitude of air temperature; continentality; index of continentality; climatological standard period.

Надійшла до редколегії 01.11.2013

УДК 551.574.4

Пясецька С. І.

Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ

МАСОВЕ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ОЖЕЛЕДІ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ПРОТЯГОМ 1991-2000 рр.

Ключові слова: ожеледь, масове розповсюдження ожеледі на території України

Вступ. Ожеледо-паморозові утворення і зокрема відкладення ожеледі є дуже поширеним явищем у холодний період року в Україні. Вони можуть істотним чином впливати на роботу цілої низки ланок народногосподарського комплексу. У першу чергу це стосується функціонування підприємств та устаткування у електроенергетиці, практично усіх видів транспорту (ускладнення сполучення) та імовірно пошкодження майна у комунальній сфері. Тому поруч із дослідженнями особливостей та просторового розповсюдження ожеледо-паморозових відкладень категорії небезпечних та стихійних, потребує особливої уваги також дослідження масового розповсюдження їх окремих видів. Зважаючи на вищезгадане, *об'єктом* дослідження є відкладення ожеледі на дротах ожеледного станка, а *предметом* – особливості їх просторово-часового розподілу по території України.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

Метою представленої роботи є дослідження характер та особливості масового розповсюдження відкладень ожеледі на території України протягом окремих місяців 1991-2000 рр.

Короткий огляд та результати попередніх досліджень. Найбільш докладно особливості та стан розповсюдження ожеледо-паморозевих утворень і зокрема ожеледі на території України протягом кінця 30-х – 60-х років ХХ століття представлено у роботах [1-3]. Було визначено, що найбільшій повторюваності це явище набуває протягом грудня – лютого, а максимального свого прояву досягає в районі Донецького кряжу, Приазовської височини, Кримських горах (захід), Волино-Подільській та Придніпровській височинах, Карпатах (північно-східні схили та високогір'я). Найбільш часто небезпечні відкладення ожеледі мали місце в районі Донецького кряжу, Приазовської височини та Криму. Наступний етап дослідження цього питання охоплює період з кінця 60-х ХХ століття по його кінець [4, 5]. У цей час увага приділялась не тільки продовженню дослідження просторового розповсюдження ожеледі, а й її небезпечних та стихійних проявів. За вірогідністю прояву відкладень ожеледі стихійного характеру (діаметр ≥ 20 мм) на Україні за охопленням території було виділено 4 райони: 1 – *Донецька, Луганська, Вінницька, Кіровоградська, Одеська, Миколаївська області (1 раз за 2-3 роки); 2 – Тернопільська, Хмельницька, Полтавська, Харківська, Дніпропетровська, Херсонська області (1 раз за 5 років); 3 – Рівненська, Житомирська, Київська, Черкаська, Івано-Франківська, Запорізька області та АР Крим (1 раз на 10 років); 4 – Волинська, Чернігівська, Сумська, Львівська, Закарпатська, Чернівецька області (1 раз на 20 років).*

Зважаючи на сучасні зміни у світовій кліматичній системі, які супроводжуються частими, масштабними та тривалими стихійними явищами дослідження утворення ожеледі є необхідним для визначення напрямку змін клімату в Україні та його прогнозу на майбутнє для забезпечення сталого розвитку країни. Представлені результати є продовженням дослідження та встановлення сучасних особливостей розповсюдження відкладень ожеледі на території України у останні 20 років.

Характеристика висхідного матеріалу. Для дослідження особливостей масового розповсюдження відкладень ожеледі на дротах стандартного ожеледного станка було залучено матеріали спостережень за цим явищем на усіх метеорологічних станціях України (187) по кожному із місяців холодного періоду року (XI-III) а також квітня та жовтня, які подано у Метеорологічних щомісячниках протягом 1991-2000 рр. (табл. 1).

Під масовим розповсюдженням відкладень ожеледі приймалося наявність цього явища на дротах стандартного ожеледного станка на 10 та більше станцій протягом однієї дати.

Обговорення результатів представленого дослідження. Встановлено, що у *січні* протягом окремих років періоду 1991-2000 рр. найбільша кількість областей, на території яких спостерігалось відкладення ожеледі на дротах ожеледного станка становила у 1991- р. – 20 (кількість станцій 69), 1992- 15 (станцій 32), 1993 – 12 (станцій 28), 1994 – 7 (станцій 16), 1995 – 11 (31), 1996- - 16 (станцій 56), 1997 – 13 (станцій 40), 1998 – 13 (станцій 33), 1999 – 16 (станцій 52), 2000 – 8 (станцій 14). Таким чином за кількістю областей на території яких спостерігалась утворенням ожеледі на дротах ожеледного станка у січні протягом

Таблиця 1. Масове розповсюдження відкладень ожеледі по території України протягом 1991-2000 рр. (за результатами спостережень на дротах стандартного ожеледного станка)

Рік	Місяць	Число днів (дат) з масовим розповсюдженням ожеледі	Кількість станцій від/до	Кількість областей від/до
1991	I	8	11/69	7/20
	II	7	10/53	5/12
	III	5	10/20	4/9
	IV	-	-	-
	X	-	-	-
	XI	6	10/37	6/14
	XII	8	10/29	6/14
Усього		34		
1992	I	6	11/32	4/15
	II	4	10/13	3/8
	III	-	-	-
	IV	-	-	-
	X	-	-	-
	XI	2	10, 15	6, 9
	XII	6	16/31	6/18
Усього		18		
1993	I	2	13, 28	6, 12
	II	4	11/26	4/8
	III	2	10	3,4
	IV	-	-	-
	X	-	-	-
	XI	1	16	4
	XII	5	11/31	6/13
Усього		14		
1994	I	6	12/16	5/7
	II	2	11, 17	6, 8
	III	2	19, 20	7, 13
	IV	-	-	-
	X	-	-	-
	XI	3	25/37	9/12
	XII	11	10/30	5/16
Усього		24		
1995	I	4	10/31	6/11
	II	2	11, 12	5, 8
	III	-	-	-
	IV	-	-	-
	X	-	-	-
	XI	2	12, 19	7, 8
	XII	9	16/54	7/18
Усього		17		

Продовження табл. 1

Рік	Місяць	Число днів (дат) з масовим розповсюдженням ожеледі	Кількість станцій від/до	Кількість областей від/до
1996	I	9	10/56	4/16
	II	5	12/29	5/10
	III	2	11, 17	7, 10
	IV	-	-	-
	X	-	-	-
	XI	-	-	-
	XII	4	13/23	2/11
Усього		20		
1997	I	10	10/40	3/13
	II	-	-	-
	III	-	-	-
	IV	-	-	-
	X	-	-	-
	XI	3	10/13	3/9
	XII	14	10/56	7/17
Усього		27		
1998	I	8	11/33	7/13
	II	3	11/25	6/12
	III	3	13/20	5/9
	IV	-	-	-
	X	-	-	-
	XI	10	12/48	6/13
	XII	6	15/72	5/20
Усього		30		
1999	I	9	12/52	7/16
	II	5	14/27	9/12
	III	2	10, 24	7, 10
	IV	-	-	-
	X	-	-	-
	XI	10	10/47	6/16
	XII	4	16/29	8/15
Усього		30		
2000	I	4	11/14	5/8
	II	2	16, 25	9, 1
	III	-	-	-
	IV	-	-	-
	X	-	-	-
	XI	7	11/27	4/14
	XII	7	10/29	4/15
Усього		20		

1991-2000 рр. визначними були 1991, 1996 та 1999 рр. У ці ж роки спостерігалось і найбільша кількість станцій які в одну дату фіксували відкладення ожеледі. Найменше усього областей одночасно охоплених процесом утворення ожеледі на дротах ожеледного станка спостерігалось у 1994 та 2000 рр., коли у її максимальному розповсюдженні приймали участь відповідно 7 та 8 областей.

У **лютому** найбільша кількість областей, яка одночасно була охоплена процесом утворення ожеледі становила: у 1991 р – 12 (кількість станцій 53), 1992- 8 (станцій 13), 1993 – 8 (станцій 26), 1994 – 8 (станцій 17), 1995 – 8 (станцій 12), 1996 – 10 (станцій 29), 1997 – випадків з масовим розповсюдженням ожеледі не спостерігалось, 1998 – 12 (станцій 25), 1999 – 12 (станцій 27), 2000 – 11 (станцій 25). Тобто протягом лютого 1991-2000 рр. найбільш масовим відкладення ожеледі на дротах ожеледного станка спостерігалось у 1991, 1996, 1999 та 2000 рр., крім того у 1991, 1996 та 1999 рр. було зафіксовано найбільше число станцій на яких в одну дату спостерігалось відкладення ожеледі на дротах ожеледного станка. Треба відмітити, що у 1997 р. масового розповсюдження відкладень ожеледі за дротах ожеледного станка не спостерігалось, хоча у сам процес її утворення мав місце (табл. 1).

У **березні** випадків із масовим розповсюдженням відкладень ожеледі на дротах ожеледного станка було виявлено мало, а у 1992, 1995, 1997 та у 2000 р. масового розповсюдження ожеледі на території України не спостерігалось, проте сам процес як і у лютому мав місце. У 1991 р. найбільше масове розповсюдження відкладень ожеледі спостерігалось на території 9 областей (кількість станцій 20), 1993 – 8 областей (станцій 10), 1994 – 13 областей (станцій 20), 1996 – 10 областей (станцій 17), 1998 – 9 областей (станцій 20), 1999 – 10 областей (станцій 24). Відповідно до вищенаведених даних, найбільш поширеним по території (за кількістю областей та числом станцій) процес масового утворення ожеледі на дротах ожеледного станка у березні був у 1991, 1994, 1998 та 1999 рр.

У **квітні** та **жовтні** періоду 1991-2000 рр. випадків масового розповсюдження відкладень ожеледі не спостерігалось, хоча поодинокі випадки із її утворенням траплялись (див. табл. 1). Теж саме можна сказати і про **травень** та **вересень**. У ці місяці відкладення ожеледі на дротах ожеледного станка трапляються надзвичайно рідко, тому вони взагалі вилучені із розглядання і у представлений узагальнюючій таблиці не наводяться.

У **листопаді** протягом 1991-2000 рр. найбільше розповсюдження масового утворення відкладень ожеледі спостерігалось у 1991 р на території 14 областей (37 станцій), 1992 – 9 областей (15 станцій), 1994 – 12 областей (37 станцій), 1995 – 8 областей (19 станцій), 1997 – 9 областей (13 станцій), 1998 – 13 областей (48 станцій), 1999 – 16 областей (52 станцій), 2000 – 14 областей (27 станцій). У 1996 р. випадків із масовим розповсюдженням відкладень ожеледі на території України не було. Таким чином можна сказати, що у листопаді найбільш поширеним масове відкладення ожеледі було у 1991, 1994, 1998, 1999 та 2000 рр. коли цей процес спостерігався одночасно на території 13-16 областей і у якому приймали участь від 27 до 52 станцій.

У **грудні** найбільша кількість областей, на території яких одночасно спостерігалось відкладення ожеледі на дротах ожеледного станка становила у 1991 р. – 14 областей (29 станцій), 1992 - 18 областей (31 станція), 1993 – 13 областей (31 станція), 1994 – 16 областей (30 станцій), 1995 – 18 областей (54 станцій), 1996 – 11 областей (23 станції), 1997 – 17 областей (56 станцій), 1998 – 20 областей (72 станцій), 1999 – 10 областей (24 станції), 2000 – 15 областей (29 станцій).

Підсумовуючи вищесказане можна сказати, що найбільш масштабним масове розповсюдження відкладень ожеледі у грудні було у 1992, 1994, 1995, 1997, 1998 рр. коли цей процес одночасно мав місце та території від 16 до 20 областей, а кількість станцій, яка в одну дату спостерігала відкладення ожеледі на дротах ожеледного станка становила від 30 до 72. (особливо у 1995 та 1998 рр.) Найменш поширеним цей процес був у грудні 1996 та 1999 рр., коли максимально він охоплював 10-11 областей і число станцій, що фіксували відкладення ожеледі становило 23-24 (див табл. 1).

Висновки. Дослідження числа днів (дат), коли відкладення ожеледі на дротах ожеледного станка масово (наявність на 10 та більше станціях одночасно) спостерігалось на території України показало, що:

1. - найбільше число дат належить 1991 р. – 34 переважно за рахунок січня та грудня (8 дат відповідно) і лютого (7 дат); 1997 р. – 27 за рахунок січня (10) та особливо грудня (14); 1998 р. – 30 за рахунок січня (8 дат) і листопада (10 дат); 1999 р – 30 за рахунок, як і у 1998 р. за рахунок січня (9 дат) та листопада (10 дат). Дещо менше число днів із масовим відкладенням ожеледі за рік спостерігалось у 1994 р – 24 (за рахунок січня (6 дат) та грудня (11 дат), а також у 1996 та 2000 рр. по 20 днів відповідно (у 1996 р за рахунок січня (6 дат) та грудня (11 дат), а у 2000 р за рахунок листопада та грудня у кожному по 7 дат);

2. - найменше число днів із масовим розповсюдженням відкладень ожеледі на дротах ожеледного станка за рік спостерігалось у 1992 – 18 днів, 1993 – 14 та 1995 рр. – 17 днів. У ці роки основний внесок у загальне число днів із масовим розповсюдженням відкладень ожеледі на Україні здебільшого належить січню та грудню, а у 1993 р. лютому та грудню.

Список літератури

1. *Климат Украины* / Под ред. Г.Ф. Прихотько, А.В. Ткаченко, В.Н. Бабиченко. – Л. : Гидрометеиздат, 1967. – 413 с. 2. *Опасные явления погоды на Украине* / Под ред. К. Т. Логвинова // Труды УкрНИГМИ. - 1972. – Вып. 110. – 235 с. 3. *Природа Украинской ССР. Климат* / Под ред. К. Т. Логвинова, М. И. Щербаня. – К. : Наукова думка, 1984. – 231 с. 4. *Стихийные метеорологические явления на Украине и Молдавии* / Под ред. В. Н. Бабиченко. – Л. : Гидрометеиздат, 1991. – 223 с. 5. *Клімат України* / За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. – К.: Вид-во. Раєвського, 2003. – 343 с

Масове розповсюдження ожеледі на території України протягом 1991-2000 рр.

Пясецька С.І.

У представленій статті аналізуються особливості просторово-часового розподілу числа днів (дат) із випадками масового (10 та більше станцій в одну дату) відкладення ожеледі на дротах стандартного ожеледного станка на території України у окремі місяці та роки періоду 1991-2000 рр.

Показано особливості просторово-часового розповсюдження числа днів (дат) випадків масового відкладення ожеледі на дротах ожеледного станка по кожному місяцю та року періоду 1991-2000 рр. на території окремих регіонів України.

Встановлено найбільше та найменше число днів (дат) із масовим розповсюдженням відкладень ожеледі по окремих місяцях та роках досліджуваного десятирічного періоду.

Ключові слова: ожеледь, масове розповсюдження ожеледі на території України.

Массовое распространение гололеда на территории Украины на протяжении 1991-2000 гг.

Пясецкая С.И.

В представленной статье анализируются особенности пространственно-временного распределения числа дней (дат) со случаями массового (10 и более станций в одну дату) отложения гололеда на проводах стандартного гололедного станка на территории Украины в отдельные месяцы и годы периода 1991-2000 гг.

Показаны особенности пространственно-временного распространения числа дней (дат)

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

случаев массового отложения гололеда на проводах гололедного станка по каждому месяцу и году периода 1991-2000 гг. на территории отдельных регионов Украины.

Установлено наибольшее и наименьшее число дней (дат) с массовым распространением отложений гололеда по отдельным месяцам и годам исследуемого десятилетнего периода.

Ключевые слова: гололед, массовое распространение гололеда на территории Украины.

Mass distribution of ice glaze on the territory of Ukraine for 1991-2000 years

Pyasetska S.I.

In the present article analyzes the characteristics of spatial and temporal distribution of the number of days (dates) with the cases of mass (10 or more stations, one date) deposits of ice glaze on wires standard icing machine in the Ukraine in certain months and years of the period 1991-2000 years

Show features the spatial and temporal distribution of the number of days (dates) cases of mass deposition of ice glaze on wires icing machine for each month and year of period 1991-2000 in some regions of the Ukraine.

Established the maximum and minimum number of days (dates) with the mass distribution of ice glaze deposits on individual months and years studied decades.

Keywords: ice glaze, mass distribution of ice glaze of Ukraine.

Надійшла до редколегії 04.11.2013

УДК 551.528

Колесник А. В.¹, Капочкина М. Б.¹, Капочкин Б. Б.²

¹ Одеський державний екологічний університет

² Одеська національна академія зв'язку

ИЗМЕНЕНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Ключевые слова: землетрясения, температура, уровень подземных вод, погодные условия

Постановка проблемы. До недавнего времени землетрясения рассматривались как локальное геофизическое явление, обусловленное реализацией накопленных за длительный промежуток времени в земной коре напряжений. Сейчас широко обсуждается теория формирования землетрясений глобальным геотектоническим процессом периодического характера. Процесс формирования землетрясения рассматривается в аспекте взаимодействия земной поверхности (геологической среды) с деформационными процессами, возбуждающимися внешними силами периодического характера. В случае «сопротивления» геологической среды прохождению гравитационных волн, асейсмические геотектонические деформации в локализованном пространстве приобретают характер разрывных деформаций, сопровождающихся сейсмическими волнами (землетрясениями). В этом случае следует ожидать изменение проявлений геотермических процессов, водообмена литосферы с атмосферой на обширных территориях, что может сопровождаться существенными изменениями погодных условий.

Анализ последних достижений. Высокие температуры и давления в земных недрах способствуют тепло- и массопереносу из глубин Земли в гидросферу и атмосферу. Открытие Вартаняна-Куликова [1] показало зависимость не только геотермических потоков тепла, но водообмена в системе литосфера-атмосфера от геотектонических деформаций, а не от локальных проявлений разрывных геотектонических деформаций - землетрясений. Установлено, что в условиях растяжения земной коры объем горных пород может увеличиваться на 2% [1], что существенно активизирует процессы выделения тепла, воды и газов из литосферы в

гидросферу и атмосферу. Нарушение сплошности геологической среды во время геодеформаций при землетрясении, сопровождаемое значительными по площади аномалиями ИК излучения поверхности Земли и океана подтвердилось результатами исследований А.А. Тронина [3]. Влияние эндогенных процессов на погоду рассмотрено в работе М.Р. Милькиса [4].

Постановка задачи. Влияние эндогенных процессов на погоду и климат изучено недостаточно. Методы прогноза погоды до сих пор не учитывают эти процессы в качестве влияющих факторов. Для обоснования значимости эндогенных погодообразующих факторов необходимо их всестороннее изучение. К наиболее важным погодным явлениям относится изменчивость температуры и атмосферных осадков. В работе исследованы их изменения во время землетрясений в разных географических районах.

Результаты исследования. В результате исследования предвестников морских землетрясений было установлено, что в результате выделения литосферных флюидов в поверхности океана поднимаются глубинные воды в виде апвеллинга [3]. В таких условиях, в умеренных широтах, в зимний сезон на поверхности формируются положительные аномалии температуры, а в летний – отрицательные. На рис. 1 показана аномалия температуры поверхности Охотского моря во время землетрясения на Камчатке 24 мая 2013 г ($M=8,3$). Благодаря спутниковой информации удалось установить, что температурная аномалия длительностью более 10 суток охватила акваторию площадью не менее 100 тыс. км².

Абсолютное значение температурной аномалии в среднем превышало 5°C. Впервые показано, что аномалия температуры сформировалась не апвеллингом глубинных водных масс, а непосредственно литосферными флюидами. Вывод об этом был сделан на основании того, что экстремумы температурной аномалии на 8°C превышали температуру глубинных водных масс Охотского моря. В качестве примера погодных аномалий на суше нами рассмотрены изменения погодных условий во время землетрясения в Пакистане 24.09.2013 г. $M=7,7$. На рис. 2 показано, что в районе эпицентра землетрясения в сентябре 2013 года зафиксирована среднемесячная температурная аномалия до +4°C, что классифицируется NOAA как рекордное значение температурной аномалии.

Нами, при изучении по спутниковым данным внутрисуточной изменчивости температуры в районе указанной аномалии, 24-26 сентября 2013 г. обнаружены аномалии суточного хода температуры. Они проявились существенными повышениями температуры в ночной период суток.

Были изучены аномальные проявления ливневых осадков во время землетрясений в Пакистане. Во время аномалии атмосферных осадков 20-27 сентября 2013 г. их общее количество осадков превысило 800 мм. Из расчета на месяц это составляет 8 месячных норм. От наводнений погибло 3 тыс. человек, пострадало более 5-ти млн. человек. Спутниковое изображение зоны многодневных ливневых осадков показано на рис. 3.

Рассматриваемую погодную аномалию специалисты ошибочно отнесли к аномальному возобновлению, завершившейся в начале сентября 2013 г., муссонной циркуляции. Характерный для муссонных осадков тип облачности можно видеть на рис. 3 только в районе Таиланда, где катастрофические последствия муссонных осадков не зафиксированы.

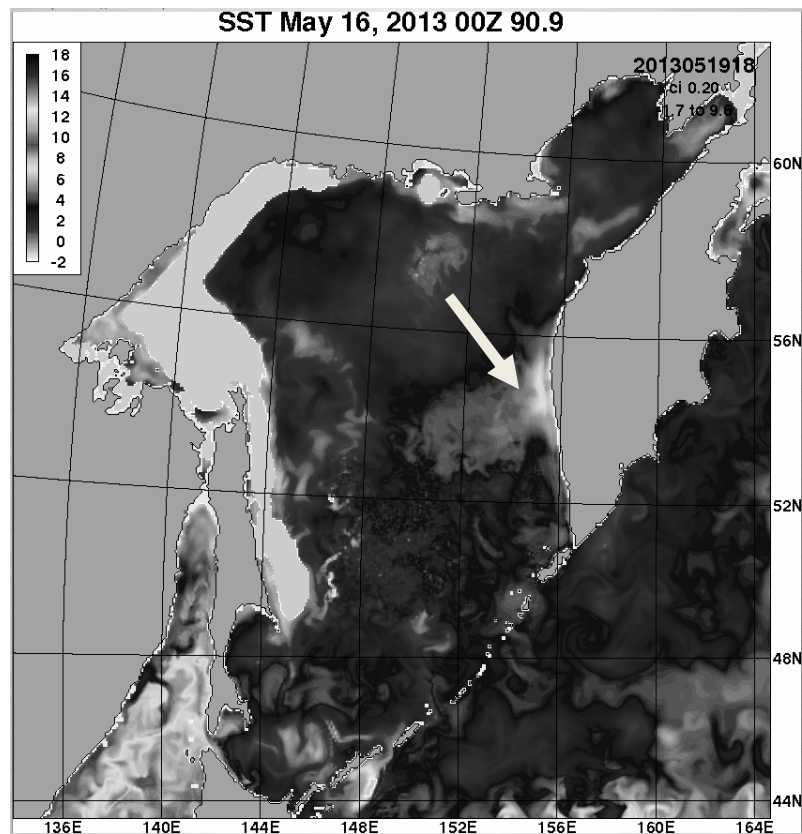


Рис. 1. Карта температуры поверхности Тихого океана 16 мая 2013 г.
(<http://www7320.nrlssc.navy.mil>). Температурная аномалия в районе эпицентра землетрясения показана стрелкой.

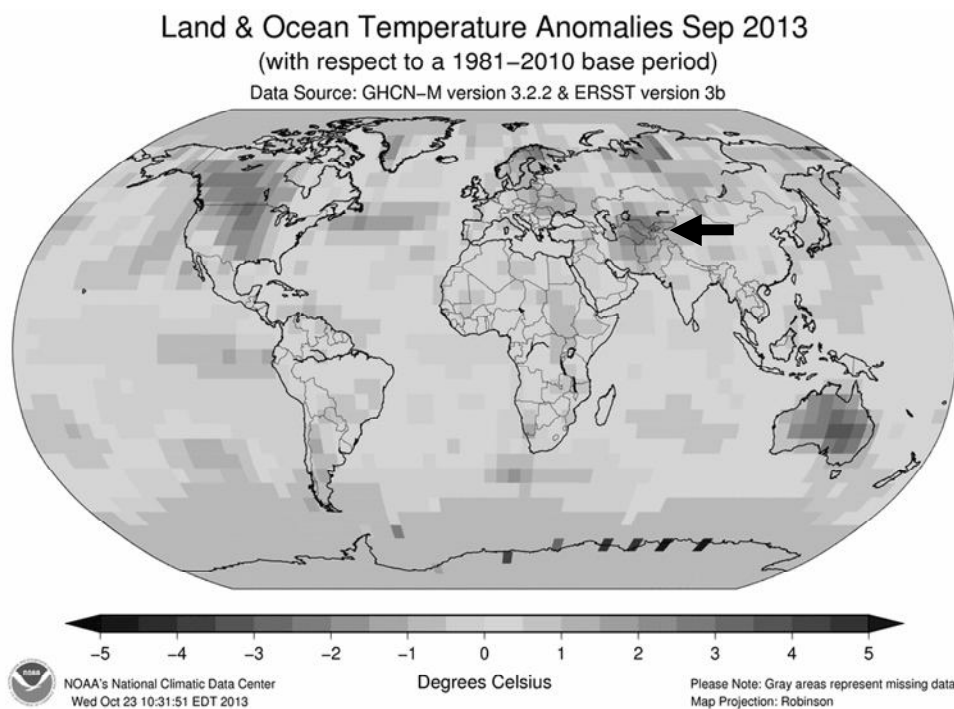


Рис. 2. Карта аномалий температуры поверхности Земли в сентябре 2013 г.
(NOAA). Температурная аномалия в районе эпицентра землетрясения показана стрелкой.



Рис. 3. Спутниковое изображение локальной зоны продолжительных ливневых осадков (<http://sharaku.eorc.jaxa.jp>).
Аномалия ливневых осадков показана стрелкой.

Аномалия ливневых осадков была изучена по спутниковым данным. Методом построения гистограмм было определено типичное внутри суточное развитие облачности. На рис. 4 показано, что обычно в утренние часы в районе локализованной аномалии большую часть площади занимала низкая облачность, которая во вторую половину дня трансформировалась в кучево-дождевую облачность. 24 сентября и в дальнейшем, трансформация низкой облачности в кучево-дождевую существенно снизилась. На рис. 5 приведены результаты изучения временной изменчивости низкой и кучево-дождевой облачности во время землетрясений в Пакистане.

В результате исследований, установлено, что на протяжении всего ливневого периода 20-28.09.2013 г. активность образования приземных облаков монотонно увеличивалась.

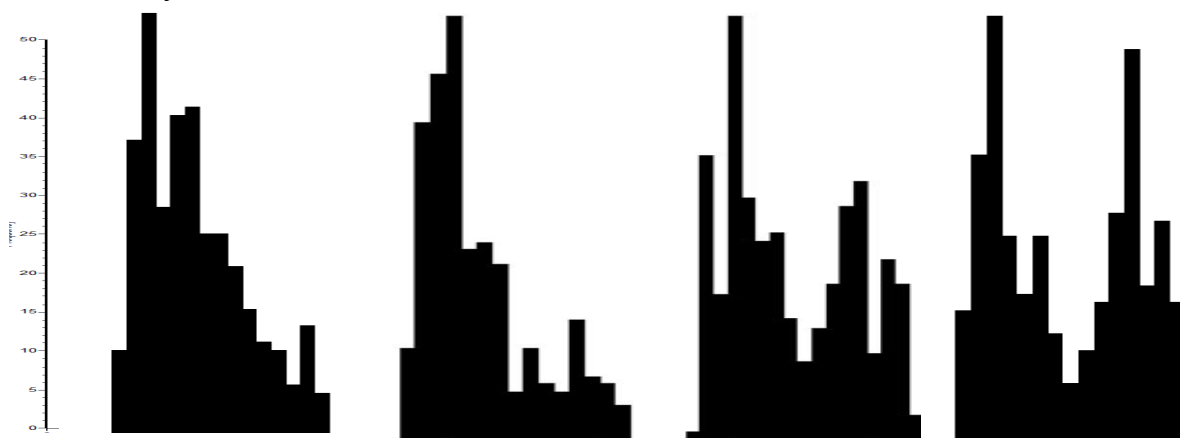


Рис. 4. Типичные гистограммы температуры облачности в зоне катастрофических ливневых осадков за 05; 11; 17; 23 часов (местное время).

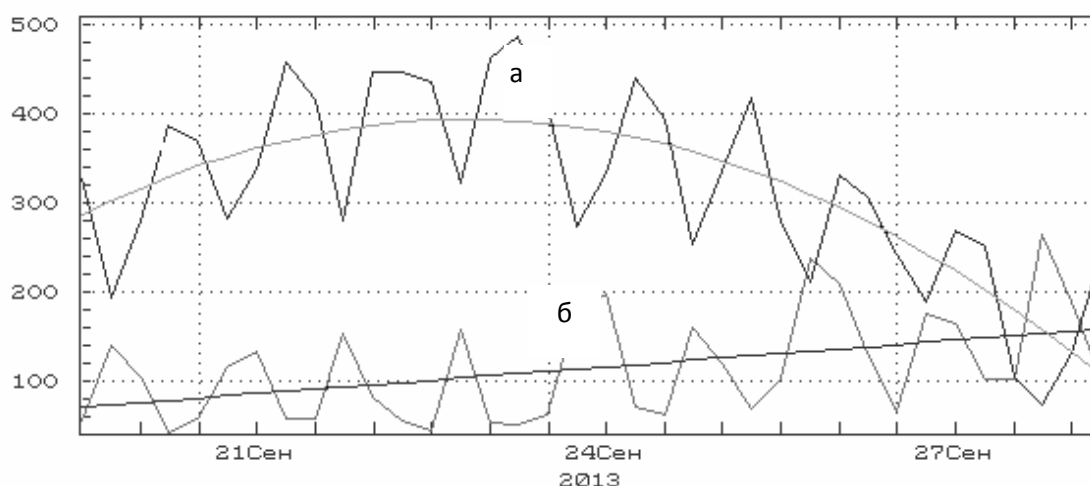


Рис. 5. Изменения во времени площади (ед. измерений - пиксель), занимаемой низкой облачностью (а) и кучево-дождевой облачностью (б) в зоне катастрофических ливневых осадков с выделенными трендами.

Кучево-дождевые облака 23.09.2013 г. сентября в своем развитии достигли положительного экстремума. После землетрясения 24.09.2013 г. началась тенденция к снижению их активности.

Выводы. На примерах геодеформаций во время сильных землетрясений, произошедших в районе акватории и в континентальном районе показаны изменения погодных условий. Размеры температурных аномалий, сопровождаемых эти землетрясения, и абсолютные значения аномалий несколько превысили известные ранее оценки. Количество тепла, выделившегося в связи с землетрясением в Пакистане, повлияло на среднемесячную аномалию температуры, придав ей статус «рекордной». Показано, что во время землетрясений в непосредственной близости от эпицентра могут формироваться особо опасные погодные условия в виде ливней и наводнений. Показано, что тенденции развития ливней до и после землетрясения могут существенно отличаться.

Список литературы

1. Вартанян Г.С. Гидрогеодеформационное поле Земли / Г. С. Вартанян, Г. В. Куликов // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 2. – С. 310-314. 2. Вартанян Г. С. ГГД-мониторинг как ключевая технология системы краткосрочного и оперативного прогноза сильных землетрясений / Г. С.Вартанян // Опыт комплексного изучения геофизических полей для целей сейсмопрогноза : материалы конф. – М., 1998. – С. 10-12. 3. Тронин А. А. Спутниковые методы изучения землетрясений / А. А.Тронин // Современные проблемы зондирования Земли из космоса – 2011. – №4. – С. 335-343. 4. Милькис М. Р. Метеорологические предвестники сильных землетрясений / М. Р.Милькис // Изд. АН СССР. Сер. Физика Земли. – 1986. – №3. – С.36-47.

Зміни погодних умов при землетрусах

Колесник А. В., Капочкіна М. Б., Капочкін Б. Б.

У статті показано, що землетруси формуються під впливом глобальних геодеформацій, які на значному просторі супроводжуються варіаціями геотермічних потоків тепла, змінами рівня ґрунтових вод. Ці зміни можуть приводити до аномалій погодних умов. Розглянуто приклади зміни погодних умов під час землетрусів на суші і в морі.

Ключові слова: землетруси, температура, рівень підземних вод, погодні умови.

Изменение погодных условий при землетрясениях

Колесник А. В., Капочкина М. Б., Капочкин Б. Б.

В статье показано, что землетрясения формируются под влиянием глобальных геодеформаций, которые на значительном пространстве сопровождаются вариациями геотермических потоков тепла, изменениями уровня грунтовых вод. Эти изменения могут приводить к аномалиям погодных условий. Рассмотрены примеры изменения погодных условий во время землетрясений на суше и в море.

Ключевые слова: землетрясения, температура, уровень подземных вод, погодные условия.

Changing weather conditions during earthquakes

Kolesnik A., Kapochkina M., Kapochkin B.

The article shows that earthquakes are influenced by global geodeformatsy that a considerable area accompanied by geothermal heat flux variations, changes in groundwater levels. These changes may lead to anomalies of weather conditions. We consider examples of changes in weather conditions during earthquakes on land and at sea.

Keywords: earthquake, temperature, groundwater level, weather conditions.

Надійшла до редколегії 04.11.2013

УДК 551.556.464

Капочкина А. Б.

*Державна екологічна інспекція з охорони навколишнього середовища
Північно-Західного регіону Чорного моря, м. Одеса*

СУБМАРИННАЯ РАЗГРУЗКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Ключевые слова: подземные воды, биоценоз, эвтрофикация, математическое моделирование

Постановка проблемы. Определение расходов субмаринных источников считается проблемой исключительной сложности. По этой причине изучение влияния подземной гидросферы на Мировой океан относится к одному из наименее изученных направлений в океанологии. Косвенными методами нами установлено, что амплитуда подземного водообмена может составлять в год слой воды толщиной до ± 35 см, что согласуется с оценками, полученными ранее другими авторами [1, 2].

Анализ последних достижений. Подземное питание или изъятие вод литосферой могут иметь разную длительность. Цикличность процессов водообмена лимана с литосферой подтверждена специалистами ОНУ [3]. Полученные нами результаты по переоценке объемов водообмена литосферы и гидросферы подтверждены более поздними исследованиями по Атлантическому океану [4]. Исследование выполнено в полном соответствии с существующими современными методами исследования субмаринной разгрузки флюидов на морском дне [5].

Компонентный состав флюидов зависит от глубинной составляющей, формирующейся в специфических термобарических условиях, и поверхностной составляющей, определяемой геохимическими изменениями в донных отложениях верхней части осадочного чехла. Указанные компоненты различаются по геохимии и по режимным характеристикам разгрузки. Оценены спектральные характеристики процесса субмаринной разгрузки флюидов. Показано, что основные периодичности 7; 14; 28, 56 суток происходят с цикличностями, характерными для глобального геодеформационного процесса. На рис. 1

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

представлены изменения концентраций. На исходном ряде концентраций хлоридов можно видеть, что глубинная составляющая субмаринных флюидов характеризуется специфическими амплитудно-частотными характеристиками. Максимальную амплитуду имеют низкочастотные колебания, а минимальные – высокочастотные.

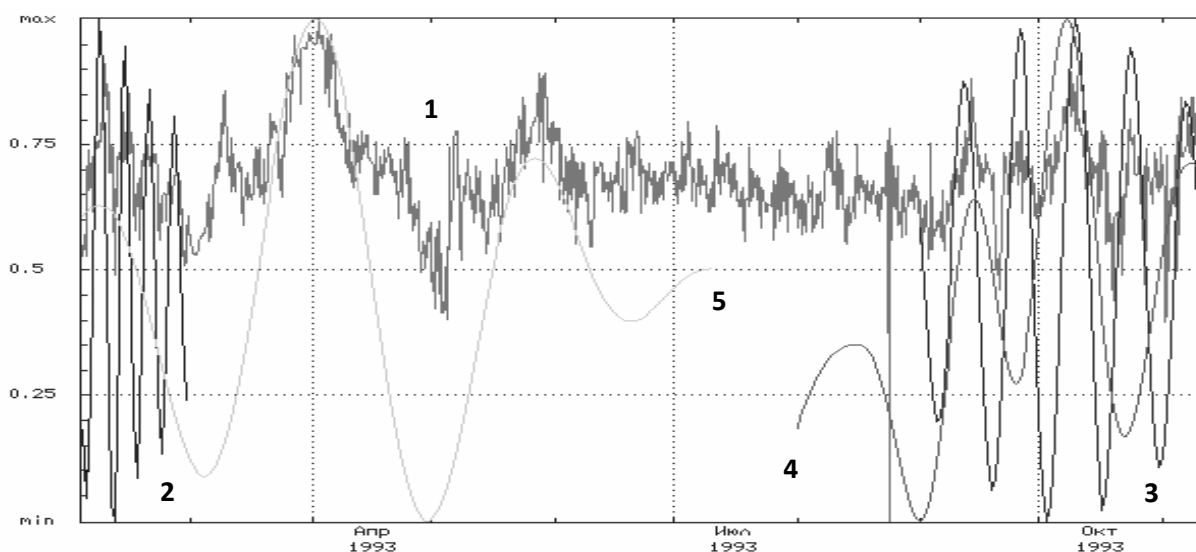


Рис. 1. Изменение во времени концентраций хлор-иона субмаринного источника в Авачинской бухте (1); фрагменты отфильтрованных 7-ми (2), 14-ти (3), 28-ми (4), 56-ти (5) суточных составляющих цикличностей (шкала относительная).

Водообмен подземной гидросферы с наземной может значительно влиять на гидрохимический режим морских и океанических вод. Субмаринная разгрузка флюидов характеризуется системными изменениями во времени его компонентного состава. Каждый гидрохимический компонент субмаринного флюида имеет свою индивидуальную историю, что формирует специфические состояния морской среды, способные сохраняться длительное время, формируя при этом благоприятные или неблагоприятные экологические условия.

Постановка задачи. В работе рассмотрены экологические аспекты специфических изменений гидрохимического фона субмаринной разгрузки, предложена методика определения дебита разгрузки и рассмотрено влияние на коралловые рифы региональных особенностей разгрузки флюидов в Атлантическом океане.

Разгрузка биогенных элементов, фосфора, кремния, азота может происходить не одновременно, как это проявляется при поступлении этих веществ с речным стоком, а дифференцированно. На примере изучения изменения в составе флюида субмаринного источника в районе Ялты силикатов и фосфатов, нами выявлено, что в период с 1966 по 1969 год существовала отрицательная аномалия. В этот же период, концентрации силикатов были максимальными за весь десятилетний период наблюдений. Изменение гидрохимического фона с фосфатного на силикатный может сопровождаться изменением океанского биоценоза. При фосфатном гидрохимическом фоне в океане развивается биоценоз на основе динофлагеллят. Динофлагелляты способны к фотосинтезу, они служат пищей моллюскам. При наличии фосфатов и, соответственно, динофлагеллят экосистема становится более значимой по биомассе. При становлении силикатного гидрохимического фона динофлагелляты

исчезают, и их место занимают диатомеи. Диатомовая экосистема свойственна водам с высокими концентрациями силикатов. Диатомовые водоросли — группа одноклеточных и колониальных водорослей, отличающаяся наличием «панциря», состоящего из кремнезёма. Диатомеи поедаются ограниченным составом гидробионтов и, в связи с этим, экосистема становится беднее. Поступление биогенных веществ в результате субмаринной разгрузки может рассматриваться как основной влияющий фактор на процессы эвтрофикации.

Нами также предложено учитывать блоковую делимость литосферы при изучении подводного рельефа морского дна, рассматривая при этом границы блоков, как пути миграции флюидов литосферы. Расчетами показано, что бухты и проливы в коралловых рифах согласуются по простиранию и по размерам с системой зон повышенной проницаемости земной коры разного ранга. Изучены причины аномальной скудности экосистемы коралловых рифов в Атлантическом океане. Общее количество видов организмов, связанных с биоценозами коралловых рифов, в Тихом и Индийском океанах приближается к 125 тысячам, а в Атлантическом океане их почти в пять раз меньше. В Атлантическом океане 35 видов рифообразующих кораллов (в Индийском и Тихом океанах не меньше 700 видов). С этим связано и то, что на рифах Индийского и Тихого океанов в общей сложности обитает 2200 видов коралловых рыб, а на рифах Атлантики - 600. По этой же причине к рифовым сообществам Индийского и Тихого океанов приурочено около 5000 видов моллюсков, а в Атлантическом всего 1200. Известно, что Атлантический океан самый «молодой» и самый геологически активный. В Атлантике за счет эндогенных процессов самые высокие температура и солёность глубинных слоев. В связи с разгрузкой кислых флюидов содержание карбонатов в Атлантическом океане самое низкое. Карбонаты растворяются, что негативно сказывается на кораллах в частности и на экосистеме коралловых рифов в целом.

Результаты, полученные при изучении влияния подземных вод на формирование коралловых рифов, подтверждены специалистами Стенфордского университета и японскими учеными [6,7].

Результаты исследования. Впервые получена оценка параметров конвекции над зоной субмаринной разгрузки флюидов и оценены пространственно-временные масштабы конвективных движений. Установлено, что за несколько часов воды субмаринного источника могут создать над ним турбулизированную, конвективную, неустойчивую по стратификации область, высотой до 10 метров над дном.

Определение дебита субмаринного источника считается проблемой исключительной сложности. Прямые измерения дебитов подводных источников методически не обеспечены. Расчетные алгоритмы требуют задания входящих параметров, точность определения которых не установлена. Нами предложен метод расчета дебита субмаринного источника, основанный на данных измерений вертикальных распределений температуры и на результатах моделирования самого процесса субмаринной разгрузки.

Рассмотрим результаты апробации метода. В качестве тестового объекта принят субмаринный источник в Авачинской бухте Камчатского полуострова (Тихий океан). Размеры источника на дне соответствуют размерам депрессионной воронки диаметром 20 м. 16-17 октября 1991 года над этим источником выполнялись измерения вертикального распределения температуры. Измерения выполнялись каждый час с разрешением по вертикали 0,5 м. На рис. 2 показаны вертикальные профили температуры в 2; 4; 6 и 10 часов 16 ноября 1991 г.

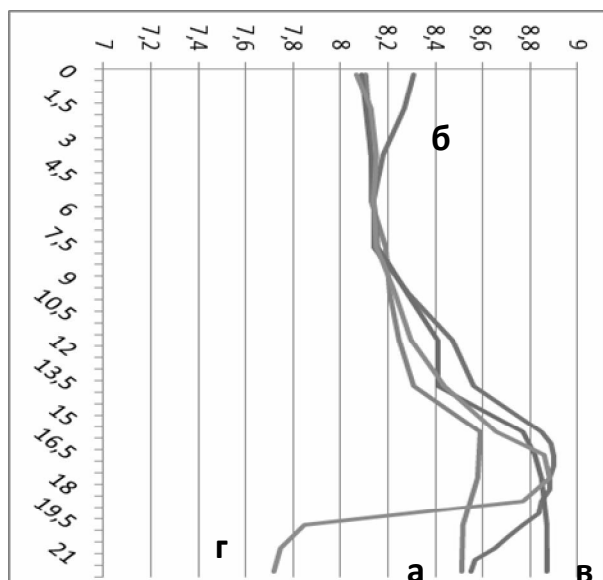


Рис. 2 Вертикальный профиль температуры воды над субмаринным источником в 2(а); 4(б); 6(в) и 10(г) часов 16.10.91 г.

В 2 часа 16.10.91 водная толща над субмаринным источником характеризовалась однородной температурой до глубины 15 м. У дна температура повышалась на $0,3^{\circ}\text{C}$. Через 2 часа на глубине 15-18 м температура выросла на $0,3^{\circ}\text{C}$, а в 6 часов весь придонный слой был заполнен водой с температурой на $0,5^{\circ}\text{C}$ выше нормы. Максимальная измеренная температура вод подводного источника составила $8,93^{\circ}\text{C}$. В 10 часов температура у дна снизилась более чем на 1°C

По данным этих измерений была рассчитана частота Вэйсяля – Брента, как показатель вертикальной устойчивости вод. Установлено, что турбулентная неустойчивая по плотности зона достигла высоты 10 м над дном. Для определения оценки дебита источника выполнено математическое моделирование формирования зоны конвективной плотностной неустойчивости при разных задаваемых дебитах. Методом итераций выбран дебит, при котором результаты моделирования совпали с фактически измеренными. На рис. 3 показан пример результатов пошагового математического моделирования распространения струи субмаринного источника в изначально устойчиво стратифицированном океане. Для расчетов использован сертифицированный в Украине программный комплекс «Flowvision». Расчетная сетка $1 \times 1 \times 0,5$ м.

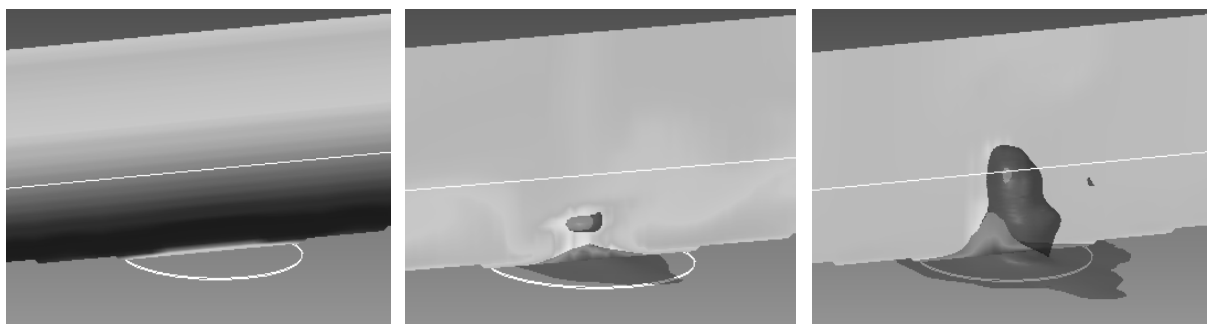


Рис. 3 Результаты математического моделирования последовательных стадий разгрузки субмаринного источника (цветом выделена температура в диапазоне от $6,5^{\circ}\text{C}$ —дно, до $8,5^{\circ}\text{C}$ —поверхность)

Выводы. На основании комплексного анализа результатов исследований гидрохимии и гидродинамики зон разгрузки субмаринных вод показано, что они могут формировать специфические гидрохимические, гидробиологические, гидродинамические и экологические условия. В зависимости от гидрохимического фона и интенсивности субмаринной разгрузки, её влияние на морскую среду может быть как позитивным, так и негативным.

Список литературы

1. Шило Н. А. Природа колебаний уровня Каспия / Н. А. Шило // Докл. АН СССР. – 1989. – Т. 305, №2. – С. 412-416. 2. Шило Н. А. Взаимосвязь колебаний уровня Каспийского моря с напряжениями в земной коре / Н. А. Шило, М. И. Кривошей // Вестник АН СССР. – 1989. – №6. – С. 83-90. 3. Черкез Е. А. Ротационно-фильтрационная модель водного баланса Куяльницкого лимана и история изучения и проблемы динамики уровня Куяльницкого лимана / [Е. А. Черкез, В. И. Шмуратко, О. А. Вахрушев]. – Одесса: Всеукраїнська наук.-практ. конф. – 2012. – С. 47-51. 4. Willard S. Submarine groundwater discharge revealed by ^{228}Ra distribution in the upper Atlantic Ocean / [Willard S. Moore¹, Jorge L. Sarmiento & Robert M. Key] - Nature Geoscience 1 – 2008. – P. 309- 311. 5. Юровский Ю. Г. Подземные воды шельфа. Задачи и методы изучения / Ю.Г. Юровский.– Симферополь: ДИАИПИ. – Монография – 2013. – 260 с. 6. Gonnee M.E. Submarine groundwater discharge and associated nutrient transport to the coral reef lagoons of Mauritius: a radium isotope approach / [M. E. Gonnee, R. T. Ramessur and A. Paytan] // Limnology and Oceanography. – 2007. 7. Yamaguchia H. Negative contribution of groundwater input from subsurface spring to coral reef bleaching / Hironori Yamaguchia, Ichio Asanumaa, Hideki Shimamurab // International archives of photogrammetry remote sensing and spatial information sciences. – 2008. – P. 719-724.

Субмаринне розвантаження підземних вод

Капочкіна А. Б.

У статті розглянуто вплив субмаринного розвантаження підземних вод на гідрологію, гідрохімію і геоморфологію Океану. Завдяки останнім дослідженням підземного водообміну в районах акваторій встановлено, що вплив субмаринного розвантаження підземних вод на океани і моря виявився істотним.

Ключові слова: підземні води, біоценоз, евтрофікація, математичне моделювання.

Субмаринная разгрузка подземных вод

Капочкина А. Б.

В статье рассмотрено влияние субмаринной разгрузки подземных вод на гидрологию, гидрохимию и геоморфологию океана. Благодаря последним исследованиям подземного водообмена в районах акваторий установлено, что влияние субмаринной разгрузки подземных вод на океаны и моря оказалось существенным.

Ключевые слова: подземные воды, биоценоз, эвтрофикация, математическое моделирование.

Submarine groundwater discharge

Капочкина А.

In the article the influence of Submarine groundwater discharge on the hydrology, geomorphology and water chemistry of the ocean. Due to recent studies of underground water exchange in the water areas found that the influence of submarine groundwater discharge to the oceans and seas was essential.

Keywords: groundwater, biocenosis, eutrophication, and mathematical modeling.

Надійшла до редколегії 06.11.2013

ХІЛЬЧЕВСЬКИЙ ВАЛЕНТИН КИРИЛОВИЧ – ВЧЕНИЙ І НАСТАВНИК

Відомому гідрологу, гідрохіміку, гідроекологу – 60 років



Хільчевський Валентин Кирилович – доктор географічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Творча біографія. Народився Валентин Кирилович Хільчевський 23 грудня 1953 р. у Хотові на Київщині – мальовничому передмісті південно-західної околиці столиці. Рішення обрати географічну професію він прийняв у старших класах школи після участі в експедиціях слідопитів по місцях бойової слави радянських воїнів у Великій Вітчизняній війні, відвідавши Курськ, Тулу, Москву, Ленінград, Мінськ, Вільнюс, Ригу, Талін, побачивши Фінську затоку і Балтійське море. Після закінчення школи у 1971 р. поступив на навчання, а в 1976 р. закінчив кафедру гідрології і гідрохімії географічного факультету Київського державного університету імені Т.Г. Шевченка за спеціальністю «гідрологія суші», спеціалізація «гідрохімія». В студентські роки побував у наукових експедиціях на Азовському та Чорному морях, на Шацьких озерах та озері Валдай. Його студентська наукова робота по гідрохімії Шацьких озер була відзначена дипломом на конкурсі Академії наук УРСР в 1976 р.

У 1976–1989 рр. Валентин Кирилович працював у науково-дослідній лабораторії гідрохімії географічного факультету Київського державного університету імені Т.Г. Шевченка на посадах інженера, старшого інженера, молодшого та старшого наукового співробітника, багато років керував експедиційними дослідженнями, брав участь у створенні кафедрального Богуславського гідролого-гідрохімічного стаціонару на річці Рось (1981 р.) і започаткував проведення там польової гідрохімічної практики для студентів. Протягом 1978–1982 рр. навчався в аспірантурі без відриву від виробництва. У 1988–1989 рр. проходив наукове стажування і читав лекції в Бухарестському університеті (Румунія). У 1988 р. ВАК СРСР присвоїв йому вчене звання старшого наукового співробітника. У 1989 р. перейшов на викладацьку роботу – доцентом кафедри гідрології і гідрохімії географічного факультету Київського державного

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31)

університету імені Т. Г. Шевченка, з 1997 р. - професором. У 1993 р. отримав вчене звання доцента, у 2001 р. – професора.

Наукові погляди дослідника формувалися під впливом його вчителя – професора В.І. Пелешенка (завідувача кафедри гідрології і гідрохімії в 1976–1993 рр.), завідувача лабораторії гідрохімії Д. В. Закревського, старшого наукового співробітника М. І. Ромася, а також відомих радянських гідрохіміків - О. О. Алєкіна, М. М. Тарасова, А. М. Ніканорова, з якими були творчі контакти.

Кандидатська дисертація «Зміна хімічного складу річкових вод басейну Верхнього Дніпра під впливом антропогенного фактора» (включно з територією Росії, Білорусі та України) зі спеціальності «гідрохімія» захищена у 1984 р. у Гідрохімічному інституті (ГХІ) Держкомгідромету СРСР у Ростові-на-Дону (Росія). Науковий керівник - В.І. Пелешенко. Офіційні опоненти - відомі вчені-гідрохіміки О. А. Зенін (ГХІ) та Г. В. Цицарін (Московський державний університет імені М. В. Ломоносова); провідна установа – Гідрохімічний інститут.

Докторська дисертація «Оцінка впливу агрохімічних засобів на стік хімічних речовин та якість поверхневих вод (на прикладі басейну Дніпра)» зі спеціальності 11.00.07 «гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія» захищена 1996 р. в Київському університеті. Офіційні опоненти — відомі українські вчені в галузі гідрохімії та охорони вод - О. І. Денисова і Л. О. Журавльова (Інститут гідробіології НАН України), академік НААН України М. А. Хвесик (тепер - Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України); провідна установа – Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут.

З 2000 р. В. К. Хільчевський - завідувач кафедри гідрології і гідрохімії. За його ініціативи у 2002 р. кафедру було перейменовано на кафедру гідрології та гідроекології. З 2002 р. - науковий керівник науково-дослідної лабораторії гідроекології та гідрохімії. 2006 р. обраний академіком АН вищої освіти України.

Професор В. К. Хільчевський викладає курси лекцій «Основи гідрохімії», «Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти», «Мінеральні води України». Викладав також курси лекцій – «Гідрохімія України», «Радіоактивність природних вод», «Гідрохімія океанів і морів», «Основи океанології».

Він є головою спеціалізованої вченої ради із захисту докторських і кандидатських дисертацій з гідрології (11.00.07) та метеорології (11.00.09) з 2003 р. Керівник організованого ним у 2003 р. наукового гідролого-гідрохімічного семінару. Заступник голови науково-методичної комісії з гідрометеорології Міністерства освіти і науки України (з 2000 р.), член вченої ради Українського географічного товариства (з 2004 р.), був експертом експертної ради ВАК України з географічних наук (1998–2003 рр.), членом вченої ради Київського національного університету імені Тараса Шевченка (2003–2008 рр.).

В. К. Хільчевський – головний редактор періодичного наукового збірника «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія», заснованого за його ініціативи у 2000 р. Член редколегій наукових журналів «Водне господарство України», «Український гідрометеорологічний журнал», «Екологія довкілля і безпека життєдіяльності» та інших видань.

Він започаткував проведення Всеукраїнських наукових конференцій з міжнародною участю «Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології», які проходили у 2001, 2003, 2006 рр. у Києві (I, II, III), у 2009 р. – у Луганську (IV), у 2011 р. - у Чернівцях (V), у 2014 р. відбудеться у Дніпропетровську (VI).

Наукові дослідження. Професор В. К. Хільчевський разом з професором О. Г. Ободовським є керівником наукової школи гідрохімії та гідроекології,

заснованої В. І. Пелешенком у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка.

В. К. Хільчевський виконав дослідження, присвячені теоретичним основам формування хімічного складу поверхневих вод та прикладним аспектам оцінки якості води джерел водопостачання.

Спільно з вченими Гідрохімічного інституту (Ростов-на-Дону) брав участь у випробуванні дистанційних методів відбору проб поверхневих вод у польоті з гелікоптера на території України (1986 р.).

Вперше системно оцінив хімічний склад поверхнево-схилового стоку на експериментальних водозборах воднобалансових станцій (Придеснянській, Богуславській, Велико-Анадольській) у різних природних зонах України (1989–1995 рр.). Сформував новий науковий напрям – агрогідрохімія (1996 р.).

Розробив сучасну класифікацію природних вод за мінералізацією води (2003 р.).

Розробив відомчі нормативні документи (ВНД) з організації моніторингу вод в системі Держводагенства України згідно з Водною рамковою директивою ЄЕС (2005 р.).

Запропонував методику дослідження багаторічної трансформації вмісту головних іонів та мінералізації річкових вод (2006 р.).

Розвинув основи гідрохімії регіональних басейнових систем, охарактеризував сучасний гідрохімічний режим та гідроекологічний стан низки річкових басейнів України в серії монографій (Дніпро 1996, 2007 рр.; Дністер 2002, 2013 рр.; Західний Буг, 2006 р.; Рось 2009 р.; Південний Буг, 2009 р.; Горинь, 2011 р.; Інгулець, 2012 р.).

Експедиції. В.К. Хільчевський брав участь в експедиціях на Азовському морі, в Керченській протоці, в північно-західній частині Чорного моря, на Шацьких озерах, у басейнах річок Прип'яті, Дніпра, Південного Бугу, Сулинського і Георгіївського гірл Дунаю, річок Південних Карпат і Трансильванського плато, на водоймах-охолоджувачах - Смоленської АЕС (Росія), Чорнобильської, Хмельницької та Південно-Української АЕС.

Підготовка наукових кадрів. Крім роботи зі студентством, професор В. К. Хільчевський приділяє значну увагу підготовці наукових кадрів вищої кваліфікації. Він підготував 4 докторів і 8 кандидатів наук. Завжди охоче допомагає і консультує колег з інших установ при виборі дисертаційної тематики, написанні монографій та навчально-методичної літератури. Його учні є доцентами і професорами, очолюють кафедри у вищих закладах освіти України, працюють в академічних інститутах, обіймають відповідальні посади в органах державної виконавчої влади.

Нагороди і відзнаки:

Заслужений діяч науки і техніки України (2009 р.).

Відмінник освіти України (2004 р.).

Почесний працівник Гідрометслужби України (2003 р.).

Нагрудний знак «За сумлінну працю в галузі водного господарства України» (2013 р.).

Почесна грамота Київського міського голови (2002 р.).

Почесна грамота Міністерства освіти і науки України (2003 р.).

Почесна грамота Держводгоспу України (2006 р.).

Почесна грамота Київського національного університету імені Тараса Шевченка (1994, 2003, 2009 рр.).

Наукові праці. Професор В. К. Хільчевський має понад 250 наукових праць, серед яких понад 30 книг. Співавтор карт в «Гидрохимическом атласе СССР» (1990 р.) та Національному атласі України (2007 р.), член редколегії та автор статей в «Екологічній енциклопедії» (2007–2008 рр.), співавтор сучасного гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу (2013 р.).

Крім досліджень зі своїми учнями, В.К. Хільчевський тісно співпрацює зі своїми колегами гідрологами і гіdroхіміками – професорами В.В. Гребнем, О.Г. Ободовським, С.І. Сніжком, членом-кореспондентом НАН України В.І. Осадчим, має творчі контакти з вченими багатьох університетів та науково-дослідних інститутів в Україні та за кордоном.

Деякі наукові праці:

Монографії

1. Гидрохимический атлас СССР / Под ред. А. М. Никанорова. - М.:ГУГК, 1990. - 110 с.
2. *Хільчевський В.К.* Роль агрохімічних засобів у формуванні якості вод басейну Дніпра. - К. : ВПЦ «Київський університет», 1996. - 222 с.
3. *Аксьом С.Д., Хільчевський В.К.* Вплив сульфатного карсту на хімічний склад природних вод у басейні Дністра. – К. : Ніка-центр, 2002. – 204 с.
4. *Будник С.В., Хильчевский В.К.* Гидродинамика и гидрохимия склоновых водотоков. – К. : ВГЛ «Обрії», 2005. – 368 с.
5. *Забокрицька М.Р., Хільчевський В.К., Манченко А.П.* Гідроекологічний стан басейну Західного Бугу на території України. – К. : Ніка-центр, 2006. – 184 с.
6. Гідролого-гіdroхімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / За ред. В. К. Хільчевського. — К.: Ніка-центр, 2007. — 184 с.
7. Національний атлас України. — К. : ДНВП «Картографія», 2007 (співавтор семи карт якості вод — С. 181, 409, 410).
8. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу / За ред. В. К. Хільчевського. — К. : Ніка-центр, 2009. — 184 с.
9. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / За ред. В. К. Хільчевського. — К. : Ніка-центр, 2009. — 116 с.
10. Гідроекологічний стан басейну Горині в районі Хмельницької АЕС / За ред. В. К. Хільчевського. — К. : Ніка-центр, 2011. — 176с.
11. *Хільчевський В.К., Кравчинський Р.Л., Чунарьов О.В.* Гіdroхімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу. — К. : Ніка-центр, 2012. — 180 с.
12. *Шерстюк Н.П., Хільчевський В.К.* Особливості гіdroхімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах Кривбасу. — Дніпропетровськ : Акцент ПП, 2012. — 263 с.
13. Гіdroхімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України / За ред. В. К. Хільчевського та В. А. Сташука. — К.: Ніка-центр, 2013. — 256с.
14. Методики гіdroграфічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу / В. В. Гребінь, В. Б. Мокін, В. А. Сташук, В. К. Хільчевський та ін. – К. : Інтерпрес, 2013. – 55 с.

Підручники і навчальні посібники з грифом МОН України

1. *Горєв Л.М., Пелешенко В.І., Хільчевський В.К.* Радіоактивність природних вод : Навчальний посібник. — К.: Вища школа, 1993. — 174 с.
2. *Горєв Л.М., Пелешенко В.І., Хільчевський В.К.* Гіdroхімія України : Підручник. — К.: Вища школа, 1995. — 307 с.
3. *Пелешенко В.І., Хільчевський В.К.* Загальна гіdroхімія : Підручник. — К.: Либідь, 1997. — 384 с.

4. Хільчевський В. К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти : Підручник. — К. : ВПЦ «Київський університет», 1999. — 319 с.
5. Загальна гідрологія : Підручник / С. С. Левківський, В. К. Хільчевський, О. Г. Ободовський та ін. — К. : Фітосоціоцентр, 2000. — 264 с.
6. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : Підручник. — К. : ВПЦ «Київський університет», 2001. — 242 с.
7. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів : Навчальний посібник. — К. : ВПЦ «Київський університет», 2003. — 114 с.
8. Загальна гідрологія : Підручник, 2-ге вид., доповнене. / За ред. В. К. Хільчевського і О. Г. Ободовського. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. — 399 с.
9. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології : Підручник. 2-ге вид., доповнене. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. — 255 с.
10. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії : Підручник. — К. : Ніка-центр, 2012. — 312с.

Деякі статті

1. Влияние антропогенных факторов на химический состав снежного покрова г. Киева и прилегающих районов / В. И. Пелешенко, Н. И. Ромась, В. К. Хильчевский и др. // Гидрохимические материалы. — 1986. — Т. 13. (ДСП). — С. 3-9 (Россия).
2. Хильчевский В. К., Пелешенко В. И. Изменение ионного стока рек бассейна Днепра в связи с хозяйственной деятельностью // Гидрохимические материалы. — 1987. — Т. 14 (ДСП). — С. 58-64 (Россия).
3. Закревский Д. В., Пелешенко В. И., Хильчевский В. К. Сток химических компонентов рек Украинской ССР // Водные ресурсы. — 1988. — Т. 15 — № 6. — С.63-73 (Россия).
4. Гидрохимия поверхностных вод УССР в условиях антропогенного воздействия / В. И. Пелешенко, Д. В. Закревский, Л. Н. Горев, В. К. Хильчевский // Современные проблемы региональной и прикладной гидрохимии. — Л : Гидрометиздат, 1988. — С. 140–152 (Россия).
5. Гидрохимические проблемы освоения природных ресурсов Украинской ССР / В. И. Пелешенко, Д. В. Закревский, Л. Н. Горев, В. К. Хильчевский и др. // Известия Всесоюзного географического общества. — 1989. — Т. 121., вып. 3. — С. 244–249 (Россия).
6. Hilchevski Valentin. Resursele de apa ale Ukraine si protectia calitatii lor // Terra. — 1989.- Anul XXI (XLI), Nr.2. — P. 55-59 (România).
7. Hilchevski Valentin. Cercetari hidrochimice in cadrul bazinului experimental al unui riu mic, dintro zona de agricultura intensiva // Analele Universitate Bucuresti. Geografie. — 1990. — XXXIX. — P. 71-77 (România).
8. Hilchevski Valentin. Aspecte metodice ale cercetari influentei agriculturii asupra calitatii apei riurilor // Studii si cercetari de geologia, geofisica si geografia. Academia st. R. Romania. — 1990. — XXXI. — P. 29-35 (România).
9. Содержание и распределение некоторых загрязняющих веществ в воде Дуная / Савицкий В. Н., Осадчий В. И., Хильчевский В. К. и др. // Водные ресурсы. — 1993.- Т.20.- № 4. — С. 462–468 (Россия).
10. Savitsky V., Chebotko K., Khilchetvsky V. The content and dynamics of nitrogenbearing and some other biological active substances in the Danube //XVII th. Conference of the Danube countries on hidrological forecasting and hidrological bases of water management. Budapest. — 1994. — Vol. 2.- P. 771–775 (Hungari).
11. Хильчевский В. К. Оценка эколога-гидрохимического состояния природных вод Украины // Водные ресурсы. — 1994. — Т.21.- № 2. — С. 182–188 (Россия).
12. Хильчевский В. К., Хильчевский Р. В., Гороховская М. С. Экологические аспекты выноса с речным стоком химических веществ в водные объекты бассейна Днепра // Водные ресурсы. — 1999. — Т.26. — № 4. — С. 506–511 (Россия).
13. Kowalczyk I., Chilczewski W. Hydrologiczne i hydroekologiczne probleme Ukrainiskiego Polesia // Acta Agrifisica Polskiej Akademii Nauk. — 2002. -Nr. 68. — czesc III. -S. 73-78 (Poland).

14. Хільчевський В. К. До питання про класифікацію природних вод за мінералізацією // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2003. — Т.5. — С. 11-18.
15. Хільчевський В. К., Савицький В. М., Чунарьов О. В. Про вимоги до моніторингу вод згідно Водної рамкової директиви Європейського Союзу // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2005. — Т. 7. — С. 54-68.
16. Хильчевский В. К., Курило С. М., Руденко Р. В. Модернизация классификации природных вод О. А. Алекина для исследования трансформации химического состава поверхностных вод // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2006. — Т. 11. — С. 32-37.
17. Хильчевский В. К., Кравчинский Р. Л., Винарчук О. А. Особенности формирования химического состава воды р. Ингулец (бассейн Днепра) // В кн.: Современные проблемы гидрохимии и формирования качества вод. — Ростов-на-Дону: ГХИ, 2010. -С. 164–168 (Россия).
18. Hılcevschi V.K., Gonc ear O.M., Zabocrița M. R. Regimul hidrohimic si calitatea apelor de suprafata ale bazinului Nistru teritoriul Ucrainei // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2013. — Т. 1(28). — С. 68-76.

Професор В. К. Хільчевський захоплюється геральдиком і краєзнавством, є співавтором герба Хотова (2006 р.) та книги про свою малу батьківщину в передмісті Києва (2009 р.).

Література із згадкою про ювіляра

1. Водоснабжение и водоотведение: Энциклопедия. — К., 2002. — С. 249.
2. Українські гідрологи, гідрохіміки, гідроекологи — К. : Ніка-Центр, 2004. — С. 153-156.
3. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. — Т. III. — Шляхами успіху. — К. : Світ успіху, 2008. — С. 105.
4. Науковці України — еліта держави. — К. : Логос Україна, 2010. — С. 219.
5. Академія наук вищої освіти України. — К. : Брама-V, 2012. — С. 502.
6. Who is Who в Україні. — Schweiz: Hubners Who is Who, 2012. — С. 368.

*За дорученням
колективу кафедри гідрології та гідроекології
та НДС гідроекології і гідрохімії
проф. В.В. Гребінь*

ПОРЯДОК ПОДАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ ДО ПЕРІОДИЧНОГО НАУКОВОГО ЗБІРНИКА “ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ”

з урахуванням вимог нормативних документів ВАК України: Постанови ВАК України за №07-05/1 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 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 11, напівжирний), а потім власне список за його наявності (також кегль 11). 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 4(31)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка – **Є. Цвелих**

Підписано до друку 18.12.2013
Формат 60х90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Друк різнограф.
Ум. др. арк. 7,7. Обл.-вид. арк. 7,9.
Наклад 300 прим. Зам. № 92-024.



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.4(31)