

ЕКОЛОГІЯ ГІДРОСФЕРИ

УДК [556.314+556.534]:614.777:574.6

В. Г. Сінченко, Ю. В. Караван, М. М. Тураш
ДП «Науковий центр превентивної

токсикології, харчової та хімічної безпеки

імені академіка Л. І. Медведя МОЗ України»

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ПИТНОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ПРИКОРДОННІЙ ТЕРИТОРІЇ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ТА БІОІНДИКАЦІЄЮ

Представлено дані про показники якості і безпечності води для питного водо забезпечення з джерел локального водокористування (ДЛВ) та різних створів р. Сирет і її приток. Наведено основні показники хімічного складу, радіаційного і токсичного впливу. Проведено класифікацію вод, визначено їх гідрохімічні індекси. Здійснено порівняння отриманих значень показників з їх максимально допустимими рівнями. Для досліджених ДЛВ на прикордонній території (ПТ) розраховано оптимальний коефіцієнт розведення води, величина якого характеризує її якість по відношенню до «ідеального» джерела.

Забрудненість басейну річок ПТ оцінено за усередненим показником якості через поєднання гідрохімічних, гідроморфологічних та гідробіологічних компонентів критерію екологічної якості води. Зосереджено увагу на оцінці за параметрами гідробіологічного стану. Біоіндикатором вибрано угруповання фітоперифітону. Дана оцінка стану гідроекосистем р. Сирет та її приток, як в межах ПТ, так і вище за течією. Визначено, як усереднені класи якості води, так і класи за компонентами критерію.

Ключові слова. Якість питної води; джерела локального водокористування; біоіндикація забруднення води; поверхневі води Східних Карпат

Представлены данные о показателях качества и безопасности воды для питьевого водообеспечения из источников локального водопользования (ИЛВ), а также из разных створов на р. Сирет и ее притоках. Приведены основные показатели химического состава, радиационного и токсического воздействия. Проведена классификация вод, определены их гидрохимические индексы. Проведено сравнение полученных значений показателей с их максимально допустимыми уровнями. Для исследованных ИЛВ на приграничной территории (ПТ) рассчитан оптимальный коэффициент разведения воды, величина которого характеризует её качество по отношению к «идеальному» источнику.

Загрязненность бассейна рек ПТ была оценена по усредненному показателю, который включал гидрохимическую, гидроморфологическую и гидробиологическую компоненты критерия экологического качества вод. Основное внимание в такой оценке уделялось параметрам гидробиологического состояния вод. В качестве биоиндикаторов были использованы водоросли перифитона и бентоса. Оценено состояние гидроэкосистем р. Сирет и ее приток, как в пределах ПТ, так и выше по течению. Определены как усреднённые классы, так и классы качества воды по компонентам критерия.

Ключевые слова: качество питьевой воды; источники локального водопользования; биоиндикация загрязнения воды; поверхностные воды Восточных Карпат

The data on the quality and safety of water for drinking water provision from local water sources and from some sites of Siret river and its and its tributaries are presented in the article. The basic indicators of chemical, radiation and toxic effects are shown. Authors conducted the classification of water treatment and defined hydrochemical indices of investigated waters. Also, the comparison of received values with their maximum allowable levels was done. Received data helped to calculate the optimal water dilution factor, the value of which describes water quality in relation to the "ideal" source.

Ecological assessment of surface water source like the Siret river was done by combining of the hydrochemical, hydrobiological and hydromorphological methods of water analysis. The emphasis was done on the assessing of the hydrobiological parameters of water quality. Phytoplankton and phytobenthic groups of algae were selected as the bioindicators. Such complex parameters could be used for the ecological assessment of the mountain rivers.

Keywords: the quality of drinking water; local sources of water; bioindication of water pollution; surface waters of the Eastern Carpathians

Актуальність. Рекреація в Буковинських Карпатах – один з привабливих напрямків розвитку економіки Чернівецької області. Практично неосвоєними до теперішнього часу є території, які розташовані вздовж лінії державного кордону на заході області. Визначення перспектив їх розвитку передбачає комплексну оцінку екологічного стану гідроекосистем цих територій. Важливим фактором при цьому є можливість забезпечення господарської діяльності якісною водою, у тому числі і питною. На комплексність в підходах направлена і «Програма по розвитку рекреації та туризму в Чернівецькій області» [10], яка затверджена Чернівецькою обласною радою у 2010 році. Таким чином, отримання інформації про показники якості і безпечності водних ресурсів на прикордонній території (ПТ) Чернівецької області є актуальним завданням.

Міжнародне співробітництво передбачає взаємний обмін інформацією щодо стану гідроекосистем транскордонних водних об'єктів за узгодженими параметрами. Діючі в Європейському Союзі (ЄС) стандарти передбачають визначення екологічного стану водних об'єктів на основі врахування впливу трьох складових комплексного критерію: гідрохімічної, гідробіологічної та гідроморфологічної. Реалізація такого підходу, поряд з вимогами діючих

нормативних документів (НД) [5], дозволяє на теренах Буковинських Карпат оцінити стан гідроекосистем території та отримати уніфіковані з ЄС результати.

Вихідні передумови. Інфраструктура комплексів рекреації при невеликій чисельності туристів забезпечується, як правило, водою підземних джерел локального водокористування (ДЛВ). До них належать шахтні колодязі, каптажні джерела та ненапірні свердловини. Для комплексів більшої потужності, які розраховані на значну чисельність туристів, застосовується як вода з ДЛВ, так і вода напірних свердловин. Також може використовуватись вода поверхневих водних об'єктів. До останніх можна віднести озера і ріки території. Стан гідроекосистем, визначення показників та екологічного статусу басейнів у верхній частині течії для річок регіону Українських Карпат з позиції, як державних, так і діючих у ЄС стандартів та методичних підходів Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС [2], досліджено лише для деяких великих річок та їх приток, зокрема р. Тиса та р. Прут [1,16].

На ПТ Чернівецької області, в її привабливій для рекреації гірській частині, знаходяться ріки Сучава, Сірет та ряд малих річок. Системних, науково обґрунтованих досліджень щодо складових комплексного критерію екологічного стану басейнів водних об'єктів в Буковинських Карпатах та прилеглих територіях до теперішнього часу не проведено. Відомі окремі дослідження гідрохімічної складової на ряді малих річок [3,14]. Узагальнені результати досліджень основних показників якості та безпечності у воді з деяких ДЛВ цього регіону представлено в [12].

Комплексний метод визначення екологічного стану гідроекосистем басейну було застосовано на р. Сірет, в її верхній частині (далі зазначається як р. Сірет) та її притоках, які протікають по території Чернівецької області [6,7]. Однак, в цих роботах не здійснено аналізу показників якості та безпечності з позиції можливостей застосування води для потреб господарського та питного водокористування. В той же час, таке використання є перспективним в контексті територіальної наближеності р. Сірет та її приток до місць потенційних зон рекреації та туристичної інфраструктури у Чернівецькій області.

Мета і завдання. Робота присвячена дослідженню якості водних ресурсів в ПТ та суміжних районах з позиції потреб водозабезпечення персоналу об'єктів ПТ та можливих об'єктів інфраструктури рекреаційних комплексів. Метою роботи є отримання та аналіз значень показників безпечності і якості для води з підземних джерел та води р. Сірет, а також її приток. В основу аналізу покладено порівняння результатів експериментальних досліджень показників води з джерел та допустимих рівнів їх вмісту згідно критеріїв НД [4]. Для порівняння отриманих показників екологічного стану р. Сірет використано нормування, зазначене у Водній Рамковій Директиві ЄС від 2000 року.

Завданням роботи є розгляд основних показників безпечності та якості води з ДЛВ, а також показників поверхневих водних об'єктів, води яких можуть бути використані для потреб рекреації. Завдання включає встановлення значень показників для води з ДЛВ, які розташовані на ПТ Чернівецької області, а також оцінку необхідності корегування хімічного складу цієї води при її споживанні. До завдання також внесли проведення аналізу по встановленню екологічного стану та забрудненості гідроекосистеми р. Сірет та її приток на основі комплексного критерію.

Методи та об'єкти досліджень. Для визначення показників якості і безпечності застосовані методи фізико-хімічного, атомно-абсорбційного та бета-спектрометричного аналізу сумісно із стандартизованими методиками виконання вимірювань (МВВ). Вміст катіонів Са, Mg, карбонатів, гідрокарбонатів та перманганатна окислюваність (далі в таблицях скорочено окисл.) визначались

згідно МВВ, які наведені в [8]. Ці ж методи використані при визначенні параметрів хімічної складової критерію екологічного стану р. Сірет та її приток. Для встановлення гідроморфологічної та гідробіологічної складової критерію застосовано методи, які описано в [9].

Об'єкти дослідження – вода з 21 ДЛВ і з р. Сірет та її приток. Місця розташування ДЛВ – території, які знаходяться на околицях, або поза межами населених пунктів вздовж державного кордону. 16 ДЛВ є шахтними колодзями, а 4 – ненапірними свердловинами. ДЛВ Шибени є джерелом каптажного типу. Глибина залягання водоносних горизонтів ДЛВ коливалась в межах від 2,5 м до 17 м. Місця відбору річкової води – 8 створів вздовж течії в населених пунктах від с. Долишній Шепіт до с. Кам'янка. Основну експериментальну частину досліджень проведено в період з 2007 по 2011 рік. Факторами антропогенного впливу на гідроекосистеми ПТ була і є господарська діяльність приватних садиб в населених пунктах, які розташовані в межах або поблизу ПТ, а також вздовж течії р. Сірет та її приток.

Основний матеріал, результати та їх обговорення: Прикордонна територія Чернівецької області, за фізико-географічним районуванням, може бути поділена на 3 достатньо великі частини, які відповідають чотирьом фізико-географічним областям. Перша частина включає Зовнішньокарпатську та Вододільноверховинську області, які охоплюють гірську частину Буковинських Карпат. Друга область – Передкарпатська височинна – розташована між Буковинськими Карпатами та руслом р. Прут. Третя область – Прут-Дністровська височина, – знаходиться між руслами р. Прут та р. Дністер. На ПТ Чернівецької області, в її трьох фізико-географічних частинах областей, розташовано відповідно 6, 8 та 6 досліджених ДЛВ.

Перейдемо до розгляду результатів моніторингу. В табл. 1 наведено значення фізико-хімічних показників неорганічних сполук та перманганатної окислюваності у досліджених водах. Характеристики точності їх встановлення, згідно процедури валідації МВВ, представлено в [12]. Відсутність для води ряду ДЛВ результатів по вмісту карбонатів, яка позначена символом (*), пов'язана з виконанням умови їх визначення згідно МВВ, а саме $pH \geq 8,2$, де pH – водневий показник.

Визначення катіонів важких металів проведено методом атомно-абсорбційної спектроскопії з позиції співставлення отриманих значень з відповідними значеннями їх допустимих рівнів (ДР). Виміряні величини концентрації металів знаходились на межі чутливості застосованих МВВ. Їх значення становлять в mg/dm^3 для Pb – $<0,004$, Mn – $<0,02$, Zn – $<0,02$, Cu – $<0,05$ та Ni – $<0,05$. Зазначимо, що такі, достатньо низькі, значення чутливості забезпечують коректність порівняння отриманих результатів з даними про допустимий вміст. Як впливає з результатів, за показниками токсичної дії досліджені зразки води відповідають критерію ДР вмісту важких металів, які зазначені в НД.

Таблиця 1

Показники хімічного складу та якості води з ДЛВ, які розташовані на ПТ в межах зазначених населених пунктів

Вид показника	Назва населеного пункту
---------------	-------------------------

	Шибени	Перкалаб	Шепт	Селятин	Руська	Фальков	Краснольськ	Н. Петрівці	Б. Криниця	Н. Товчинець	Черепківці	Поруоне	Н. Синьці	Ієрца	Куликівка	Ієрасівці	Костичани	Нелипівці	Вашківці	Ієвдівці	Сокиряни
Натрій, мг/дм ³	5	5	5	5	5	8	14	8	65	11	28	18	98	70	3	88	80	17	22	33	21
Калій, мг/дм ³	31	<1	8	<1	<1	1	6	<1	10	<1	16	4	8	10	2	5	7	<1	<1	6	5
Залізо загальне, мг/дм ³	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Амоній, мг/дм ³	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	0,10	0,10	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Кальцій, мг/дм ³	78	28	76	92	84	60	48	48	68	90	119	120	80	72	124	290	230	152	132	264	112
Магній, мг/ дм ³	17	15	14	32	34	20	19	19	73	52	14	15	49	70	46	64	58	80	46	100	52
Хлориди, мг/дм ³	514	10	43	10	10	8	30	26	20	30	505	50	18	12	10	140	80	96	52	174	23
Сульфати, мг/дм ³	73,9	61,8	74,2	56,1	54,2	73,1	98,2	50,0	89,0	96,2	81,5	94,2	96,2	71,6	41,2	480,0	380,0	141,0	70,5	351,9	61,2
Нітрати, мг/дм ³	2,3	0,7	10,8	0,9	0,7	0,9	3,2	0,7	9,3	22,8	17,3	42,0	10,2	3,2	0,9	98,2	73,4	79,5	25,5	136,0	5,8
Нітрити, мг/дм ³	<0,03	0,10	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,20	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,50	<0,03	<0,03
Гідрокарбонати, мг/дм ³	149	79	150	348	342	200	104	146	586	370	216	245	600	241	549	500	530	488	488	519	584
Карбонати, мг/дм ³	16	®	®	18	23	®	®	9	18	®	®	®	®	15	®	®	®	®	®	®	®
Перманганатна окисл., мгО ₂ /дм ³	1,57	1,28	0,68	3,35	2,72	3,62	18,4	4,16	0,64	2,86	2,41	3,62	3,04	1,44	1,44	3,36	2,62	1,28	3,28	6,72	1,88
Водневий показник, од. рН	8,1	8,0	7,2	8,3	8,2	7,2	7,9	8,1	8,2	7,3	7,6	7,4	7,6	8,3	8,0	7,1	7,3	7,8	7,5	7,6	7,3
Сухий залишок, мг/дм ³	328	187	320	383	397	280	251	220	638	500	453	480	700	676	497	1450	1250	835	691	1596	624
Жорсткість загальна, ммоль/дм ³	5,3	2,6	5,0	7,2	7,0	4,6	4,0	4,0	9,4	8,8	7,2	7,2	8,0	9,4	10,0	7,1	16,8	14,2	10,4	7,5	10,0

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що показники води з досліджених ДЛВ за фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними критеріями, в основному, не перевищують відповідні ДР діючого НД [4]. В окремих ДЛВ спостерігається перевищення значень водневого показника рН, що,

Ймовірно, зумовлено наявністю значного вмісту у воді карбонатів та гідрокарбонатів металів. Часто для джерел, які розташовані у Передкарпатській та Прут-Дністровській височинних областях, виявляється перевищення за показником жорсткості загальної (ЖЗ).

Визначено у воді ДЛВ вміст радіонуклідів антропогенного походження, ^{137}Cs та ^{90}Sr . Дослідження проведено з використанням методу адсорбції катіонів за стандартною МВВ. Встановлено, що вміст зазначених радіонуклідів для всіх ДЛВ є меншим ніж межа визначення застосованої МВВ. В Бк/дм³ для ^{137}Cs вона становила <0,62, для радіонукліда ^{90}Sr її значення було <0,30. Показник відповідності при цьому для похибки вимірювання 0,4 та довірчій ймовірності 0,95 дорівнював 0,643.

Проаналізуємо дані табл. 1 з позицій якості питної води. Використаємо з цією метою ДР групи показників критерію фізіологічної повноцінності мінерального складу [4]. З отриманих даних випливає, що концентрація ряду компонентів критерію, а саме катіонів Na, K, Ca, Mg, елементів J і F, а також гідрокарбонатів та пов'язаної з ними лужності загальної (ЛЗ), сухого залишку (СЗ) і ЖЗ в деяких зразках води перевищує регламентовані критерієм значення. Між наявними у досліджуваній воді з і – го ДЛВ концентраціями C_{XX} в мг/дм³ і ммоль/дм³ компоненти ХХ та безрозмірними коефіцієнтами допустимого рівня концентрації (ДРК) – k_{XX} , виконуються рівняння [11]:

$$k_{Na} \cdot C_{Na} = 11, k_{K} \cdot C_{K} = 11, k_{J} \cdot C_{J} = 0,025, k_{Ca} \cdot C_{Ca} = 50, k_{Mg} \cdot C_{Mg} = 30, \\ k_{F} \cdot C_{F} = 0,95, k_{C3} \cdot C_{C3} = 350, k_{ЖЗ} \cdot C_{ЖЗ} = 4,25, k_{ЛЗ} \cdot C_{ЛЗ} = 3,5. \quad (1)$$

Співвідношення (1) показують, що значення коефіцієнтів k_{XX} можуть бути розрахованими. Коефіцієнти k_{XX} для реальних вод є різними. Це означає, що в задачі корекції мінерального складу води шляхом її композиції із знесоленою водою, при розведенні води з багатокомпонентним вмістом солей слід встановити величину оптимального по групі показників коефіцієнта ДРК k_{cp} . Критерій його встановлення доцільно визначити як мінімізацію суми квадратів відхилень коефіцієнтів k_{XX} від значення k_{cp} . При такій умові значення k_{cp} буде визначатись як середнє для групи показників. Таким чином, для k_{cp} можна записати:

$$k_{cp} = (1/n) \cdot (k_{Na} + k_{K} + k_{J} + k_{Ca} + k_{Mg} + k_{F} + k_{C3} + k_{ЖЗ} + k_{ЛЗ}). \quad (2)$$

У рівнянні (2) n – число компонент критерію повноцінності. Для природної води число n визначається кількістю компонент, які за результатом хімічного аналізу виявлені у воді з достатньо високою концентрацією. Компоненти, які присутні у воді в незначних кількостях, на етапі розрахунку не враховуються.

В табл. 2 наведено результати розрахунку коефіцієнта k_{cp} та оцінки середнього квадратичного відхилення (СКВ) $^{дрк}S_{cp}$ його значення. Використано співвідношення (1), (2) і (3) (див. нижче). Представлені результати відповідають водам ДЛВ, які розташовані в межах ПТ в двох ландшафтних зонах. Останні належать до двох фізико-географічних областей, в гірській частині та лісостеповій, на сході Чернівецької області.

Розрахунок СКВ $^{дрк}S_{cp}$ проведено за загальноприйнятим рівнянням, в якому сумування проводиться за всіма n наявними компонентами ХХ. Його аналітична формула може бути записана у вигляді:

$$^{дрк}S_{cp} = \{[\sum k_{XX}^2 - ((\sum k_{cp})^2 / n)] / (n - 1)\}^{0,5}. \quad (3)$$

При розрахунках величини $\delta_{рк} S_{ср}$ по співвідношенню (3) концентрація вважалась наявною, якщо вона перевищувала нижню межу визначення МВВ в 5 разів. У табл. 2 також наведені гідрохімічні індекси і розраховані дані про оптимальне для кожного ДЛВ значення коефіцієнта розведення $i d_{ср}$, яке визначається як $i d_{ср} = 1/ i k_{ср}$.

Як видно з табл. 2, в ПТ гірської частини Чернівецької області, у дослідженій воді ДЛВ лише для двох джерел (с. Селятин, с. Руська) застосування методу композиції практично не змінює початкового хімічного складу води. У чотирьох інших ДЛВ вода потребує не розведення, а концентрування. Для ДЛВ ПТ, які розташовані у Прут-Дністровській височинній області, показники якості води можуть бути покращені шляхом її композиції із знесолоною водою в пропорції, яка зазначена для кожного ДЛВ коефіцієнтом $i d_{ср}$.

Таблиця 2

Гідрохімічні індекси, величини коефіцієнтів $k_{ср}$, $d_{ср}$ та оцінка СКО $\delta_{рк} S_{ср}$ для води ДЛВ, які розташовані поблизу населених пунктів в межах двох фізико-географічних областей

Зовнішньокарпатська та Вододільноверховинська області					Прут-Дністровська височина область				
Населений пункт	Гідрохімічний індекс	Коефіцієнт $i k_{ср}$	СКВ $\delta_{рк} S_{ср}$	Коефіцієнт $i d_{ср}$	Населений пункт	Гідрохімічний індекс	Коефіцієнт $i k_{ср}$	СКВ $\delta_{рк} S_{ср}$	Коефіцієнт $i d_{ср}$
Перкалаб	$S_{111_0.21}^{Ca_2.6}$	2.033	0,380	0.492	Тарасівці	$S_{111_1.67}^{Сф_7.1}$	0,605	0,724	1,654
Шепіт	$S_{111_0.38}^{Ca_5.0}$	1.392	0,597	0.718	Костичани	$S_{11_1.44}^{Ca_16.8}$	0,483	0,496	2,071
Селятин	$S_{111_0.56}^{Ca_7.2}$	0.966	0,628	1.035	Нелипівці	$S_{111_1.05}^{Ca_14.2}$	0,418	0,124	2,393
Руська	$S_{111_0.54}^{Ca_7.0}$	0.965	0,620	1.036	Вашківці	$S_{111_0.84}^{Ca_10.4}$	0,481	0,098	2,081
Фальков	$S_{11_0.37}^{Ca_4.6}$	1.158	0,261	0.863	Гвіздівці	$S_{111_1.58}^{Ca_7.5}$	0,550	0,579	1,817
Красно-ільськ	$S_{111_0.32}^{Ca_4.0}$	1.393	0,452	0.718	Сокиряни	$S_{11_0.86}^{Ca_10.0}$	0,729	0,653	1,371

Перейдемо до аналізу якості поверхневих вод гірської частини ПТ Чернівецької області і прилеглих територій. З позиції їх придатності для забезпечення потреб у воді інфраструктури рекреаційних комплексів розглянемо групу фізико-хімічних показників таких вод. Представимо результати досліджень води р. Сірет та її приток, як найбільш антропогенно навантаженої гідроекосистеми в гірській частині ПТ. Визначимо в переліку встановлених в попередніх дослідженнях показників [4,17] ті, які є компонентами критерію фізіологічної повноцінності складу води, або дозволяють їх розраховувати. Перелік таких показників наведено в табл. 3. Результати наведено для води, проби якої відбирались у створах різних населених пунктів. При цьому є

можливість аналізу змін хімічного складу та антропогенного забруднення у воді вздовж течії. Також показники якості води в притоках верхів'я р. Сірет, як протікають в Національному природному парку «Вижницький», можуть виступати в якості референтних.

Дані табл. 3 використані для розрахунку по співвідношенням (1) – (3) коефіцієнтів k_{xx} , k_{cp} , $i d_{cp}$ та величини оцінки СКВ середнього значення ДРК- $DRK_{S_{cp}}$. При цьому, для встановлення величини СЗ, значення МЗ зменшувалось на величину 0,4 від концентрації гідрокарбонатів. Результати розрахунків показали наявність змін у величині розрахованих коефіцієнтів для різних створів при проходженні води вниз за течією. Так, мінімальне та максимальне значення коефіцієнту k_{cp} спостерігаються у воді створів р. Сірет (с. Кам'янка) та р. Сухий (Національний парк). Їх величини становлять відповідно 1,682 та 2,420. Коефіцієнт розведення $i d_{cp}$ для води в цих створах змінюється від 0,594 до 0,413. Для інших створів спостерігались проміжні значення. З цих даних випливає, що покращення фізіологічних властивостей води р. Сірет та її приток шляхом підвищення концентрації компонентів хімічного складу, як і для води ряду ДЛВ в гірській частині ПТ, може бути досягнуто при застосуванні систем вакуумного випарювання.

Таблиця 3

Основні складові хімічного складу у воді р. Сірет та її приток в межах населених пунктів вниз за течією

Назва та місце розташування створу при відборі проби води	Вид показника									
	Натрій, мг/дм ³	Калій, мг/дм ³	Кальцій, мг/дм ³	Магній, мг/дм ³	Хлориди, мг/дм ³	Сульфати, мг/дм ³	Гідрокарбонати, мг/дм ³	Перманганатна окисл., мгО ₂ /дм ³	Мінералізація, мг/дм ³	Жорсткість загальна, ммоль/дм ³
р. Сухий, Національний парк	4,75	1,84	59,1	7,40	10,6	31,9	198,3	3,6	313,9	3,6
р. Сірет, с. Лукавці	4,42	1,71	60,8	7,73	10,6	30,9	200,5	4,4	316,7	3,7
р. Сірет, вище м.Сторожинець	6,24	2,07	69,7	8,67	12,7	31,3	194,1	4,2	324,8	4,2
р. Сірет, нижче м.Сторожинець	5,53	2,09	72,7	8,68	13,1	30,9	206,5	4,7	339,5	4,4
р. Малий Сірет, с. Сучевени	5,97	2,27	78,5	9,46	12,7	31,7	241,3	4,2	381,9	4,7
р. Сірет, с. Кам'янка	6,13	2,97	87,2	10,7	14,8	32,0	234,7	5,4	388,5	5,3

При застосуванні систем підготовки води з використанням методу композиції слід враховувати можливе її антропогенне забруднення сполуками, як неорганічного, так і органічного походження. При широкому, невідомому спектрі можливих забруднювачів, досить ефективно використовувати біоіндикацію, як метод контролю за стабільністю забруднення. У випадку дослідження води р. Сірет та її приток в якості біоіндикаторів

було застосовано водорості бентосу і перифітону (придонні та прикріплені форми). При цьому, в якості індикаторів забруднення використано такі їх показники, як чисельність особин досліджуваних видів та індекс сапробності, який визначає ступінь органічного забруднення води. Вибір саме цих показників пов'язаний з їх високою чутливістю до якісних змін у водному середовищі. Опис методів визначення зазначених показників представлено в [13]. Результати дослідження зведені в табл. 4.

Таблиця 4

Величина гідробіологічних показників в створах по відбору проб у різних населених пунктах

Вид показника	Назви та місця розташування створів					
	р. Сухий, Національний парк	р. Сірет, с. Лукавці	р. Сірет, вище м. Сторожинець	р. Сірет, нижче м. Сторожинець	р. Малий Сірет, с. Сучевени	р. Сірет, с. Кам'янка
Чисельність, кл/м ²	14 242,3	23 121,7	10 525	4 033,6	12 401,4	6 491,4
Індекс сапробності	1,45	1,38	1,48	1,7	1,57	1,8

З табл. 4 видно, що найбільші значення індексу сапробності спостерігаються у двох створах: нижче м. Сторожинець та у с. Кам'янка (поблизу кордону з Румунією). Близьким по величині до індексу референтних територій (р. Сухий (Національний парк) та р. Сірет (с. Лукавці)) є значення індексу сапробності у створі відбору на р. Малий Сірет. Це вказує на низький рівень забрудненості води цього водного об'єкту і на переваги у використанні для водозабезпечення рекреаційних комплексів.

Для оцінки екологічного стану басейнів р. Сірет та приток в гідрохімічній складовій комплексного критерію було використано наступні показники: концентрації азоту нітратного, азоту нітритного, азоту амонійного, фосфатів та значення біологічного споживання кисню. З метою оцінки екологічного стану русло-заплавного комплексу за гідроморфологічними показниками досліджувались показники антропогенного впливу, а саме: відбір алювію, наявність та стан водозаборів, дамб обвалування. Також використовувалась інформація про ступінь розораності територій, наявність забудови та стан шляхів сполучення і промислових об'єктів, зокрема мостових переходів.

Загальна екологічна оцінка дослідженого водного об'єкту виконувалась шляхом встановлення середнього класу якості, який складався з класів якості, встановлених для гідрохімічної, гідробіологічної та гідроморфологічної складової. Кількісно оцінка екологічної якості за всіма зазначеними показниками являла собою шкалу балів, розроблену для кожної складової з урахуванням основних показників та їх вагових коефіцієнтів. Останні враховують особливості досліджуваного річкового басейну [9,15].

Оцінювання екологічного стану досліджуваної гідроекосистеми р. Сірет та деяких її приток (р. Сухий, р. Міхідри та р. Малий Сірет) за трьома складовими комплексного критерію показало наступне:

- до I класу якості („відмінного” екологічного стану) належить р. Сухий та р. Сірет на відрізку с. Лопушна – с. Лукавці;

- до II класу якості („доброго” екологічного стану) належить р. Міхідра;

– III клас якості („задовільний” екологічний стан) спостерігається на створах на р. Сірет на відрізку с. Мигове – с. Черепківці та р. Малий Сірет, що вказує на посилення антропогенного впливу на р. Сірет вниз за течією. Таким чином, проведена оцінка показує, що в межах ПТ на кордоні з Румунією, екологічний стан гідроекосистеми р. Сірет відповідає рівню «задовільного» стану.

Результати оцінки складових комплексного критерію, а також загального екологічного стану в різних створах р. Сірет та її приток для наочності і зручності аналізу, зведено у табл. 5.

Таблиця 5

Результати оцінки по класах якості екологічного стану р. Сірет (та її приток) в різних створах за течією

Назва та місце розташування створу	Гідрохімічна оцінка екологічного стану	Гідробіологічна оцінка екологічного стану	Гідроморфологічна оцінка екологічного стану	Загальний екологічний стан
р. Сухий, Національний парк	I «відмінний»	I «відмінний»	I «відмінний»	I «відмінний»
р. Сірет, с. Лукавці	I «відмінний»	I «відмінний»	II «добрий»	I «відмінний»
р. Сірет, вище м. Сторожинець	II «добрий»	III «задовільний»	III «задовільний»	III «задовільний»
р. Сірет, нижче м. Сторожинець	II «добрий»	IV клас «поганий»	III «задовільний»	III «задовільний»
р. Малий Сірет, с. Сучевени	II «добрий»	III «задовільний»	III «задовільний»	III «задовільний»
р. Сірет, с. Кам'янка	II «добрий»	IV клас «поганий»	III «задовільний»	III «задовільний»

Отримані таким чином результати мають значення для транскордонної взаємодії органів екологічного нагляду України та країн ЄС. Спільний кордон Чернівецької області та країни ЄС Румунії передбачає налагодження міждержавного співробітництва із забезпечення збереження та покращення екологічного стану р. Сірет. Остання, включно з притоками, через приналежність до басейну р. Дунай, підпадає під «Екологічну програму дій для басейну Дуная», прийняту у 1994 році ЄС. Ця програма націлена на налагодження «доброго» екологічного стану басейну р. Дунай через відновлення його біологічного різноманіття.

Висновки. Результати моніторингових досліджень підземних з ДЛВ, а також поверхневих вод р. Сірет та її приток, розраховані на їх основі коефіцієнти, індекси та класи якості, дозволяють висловити стосовно водних ресурсів на ПТ наступні положення:

1. Основні гідрохімічні показники води з ДЛВ на ПТ в гірській частині Чернівецької області не перевищують допустимих рівнів критеріїв їх безпеки і якості, які зазначені в НД. Гідрохімічні показники води з таких ДЛВ, а також води р. Сірет та її приток, наближені до показників якісної питної води. Показники останньої зазначені у НД критерієм фізіологічної повноцінності мінерального складу. В досліджених водах гірської частини області використання методу композиції для корекції мінерального складу води є недоцільним.

2. У воді ДЛВ на ПТ в межах Передкарпатської височинної та Прут-Дністровської височинної областей спостерігається перевищення значень окремих гідрохімічних показників над зазначеними в НД. Суттєвим є перевищення вмісту солей Са та Mg. При використанні води в якості питної доцільним є попереднє застосування методів, які зменшують її ЖЗ. Для суттєвої корекції мінерального складу можливе застосування засобів, які реалізують метод композиції води з ДЛВ із знесолоною водою. Отримані в результаті досліджень величини показників безпеки і якості можуть використовуватись, як орієнтовні для даного регіону, а також при дослідженнях показників води ДЛВ в прилеглих до ПТ регіонах;

3. Застосування біоіндикації як методу визначення стабільності забруднення басейнових територій водних гідроекосистем з урахуванням біологічної складової оцінювання екологічного стану показало збіднення біорізноманіття у воді р. Сірет вниз за течією. Можливе пояснення такого явища, за всіма ознаками, криється у збільшенні впливу антропогенних факторів через віддалення досліджуваних створів від референтних територій. Застосована система оцінювання річкових гідроекосистем видається придатною для отримання інформації, як про екологічний стан в цілому, так і про стан окремих її складових, як біогенного, так і абіогенного характеру.

4. Практична спрямованість роботи визначається інформацією про гідрохімічні показники якості та безпечності води на ПТ, встановлення придатності її до застосування в якості питної, та висновків щодо необхідності попередньої корекції її мінерального складу. Через незначну господарську діяльність на досліджених територіях гірської частини ПТ отримані дані можна використовувати як фонові значення. Дослідження на основі підходів Водної Рамкової Директиви ЄС із зосередженням на показниках біорізноманіття є значимим для інтегральної оцінки забрудненості басейну водних об'єктів, як джерел питного та господарського водокористування. Результати можуть становити науковий і практичний інтерес не тільки при дослідженнях водних об'єктів в Чернівецькій області, але і гідроекосистем поверхневих та підземних вод всього регіону Українських Карпат.

Література

1 Афанасьєв С.О. Структура біотичних угруповань та оцінка екологічного статусу річок басейну Тиси/ С.О.Афанасьєв. – К., СП «Інтертехнодрук», 2006.- 101с

2 Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС : Основні терміни та їх визначення (офіційний переклад). – К. : Консорціум компаній RODECOVERSeau–WRc, 2006. – 244 с.

3 Волинська Е.М. Особливості формування гідрохімічних показників та екологічний стан малих річок Буковинських Карпат / Е.М. Волинська, Н.М. Омельченко // Зб. наук. праць Подільського держ. аграрно-техн. ун-ту. Спец. випуск до ІХ наук.-практ. конф. "Сучасні проблеми

збалансованого природокористування”.– Кам.-Подільський: Подільський держ. аграрно – техн. ун-т, 2009. – С. 87-90.

4 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПІн 2.2.4-171-10. – [Чинний від 2010–07–01].

5 Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. Методика. КНД 211.1.4.010-94.- Затверджено наказом № 126 від 28.12. 94 р.

6 Караван Ю. В. Моніторинг басейну р. Сірет згідно з вимогами Водної рамкової директиви ЄС 2000/60/ЕС / Ю. В. Караван // Наук. вісник Чернівецького ун-ту. Серія Географія. – 2011. – Вип. 553–554. – С.45–48.

7 Караван Ю. В. Характеристика гідрохімічного режиму та оцінка якості води річок басейну Верхнього Сірету / Ю. В. Караван // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2012. – Т. 1 (26). – С. 102–107.

8 Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов/ Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. Ред. А.П. Шицковой.- М.: Медицина,- 1990.-400 с.

9 Ободовський О. Г. Латориця: гідроекологія, гідрологія, руслові процеси/ О. Г. Ободовський, В. В. Онищук. – К. : Київ. ун-т, 2012. – 319 с.

10 Програма розвитку туризму в Чернівецькій області на 2011–2012 роки, затверджена рішенням II сесії VI скликання Чернівецької обласної ради № 21-2/10 .- [чинна від 21.12.2010]

11 Сінченко В.Г. До питання корекції методом композиції мінерального складу при знесолюванні води з джерел локального водокористування в контексті фізико-географічного районування території // В.Г Сінченко, Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал. Спеціальний випуск.- Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2014.- С.15-23.

12 Сінченко В.Г. Про показники безпечності і якості води з колодязів в гірському регіоні та каньйоні р. Дністер у Чернівецькій області в контексті реалізації її ресурсів рекреації // В.Г. Сінченко, Ю.В. Караван, М.М. Тураш.- Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал..- 2013, №1 (7).- С.39-42.

13 Унифицированные методы исследований качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – М. : СЭВ, 1975. – 185 с.

14 Юзик А.В. До аналізу поверхневих і підземних вод Чивчинських гір/ А.В. Юзик, М.В. Величко // Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень : матеріали Другої міжнар. наук.-практ. конф. (24–25 квіт. 2015 р., смт Путила, Чернівецька обл., Україна) / наук. ред. І. В. Скільський, А. В. Юзик ; М-во екології та природ. ресурсів України, Нац. природ. парк «Черемоський» та ін. – Чернівці: Друк Арт, 2015. – С.27-29.

15 Karavan J. The Determination of Anthropogenic Regressing of aquatic ecosystem of the Siret river basin by phytoplankton / J. Karavan, Yu. Yuschenko, T. Solovej // Journal of Water and Land Development. Volume 19, Issue 1, 2013. – Pages 53–58.

16 Korchemlyuk M. Estimation of key pressures on Prut river basin in Ukrain / M. Korchemlyuk, L. Arkhyrova // Екологічна безпека. №1(19), 2015.- С. 41-45.

© В. Г. Сінченко,

Ю.В. Караван,

М.М. Тураш

Надійшла до редакції 30 січня 2017 р.

Рекомендувала до друку

докт. техн. наук Л. М. Архипова