

УДК 504.064.2

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.19>

АНАЛІЗ ЗМІН ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ В БАСЕЙНІ СЕРЕДЬНОГО ТА НИЖЬНОГО ДНІПРА (НА ПРИКЛАДІ РІЧОК ПСЕЛ, ХОРОЛ ТА ІНГУЛЕЦЬ)

Романчук М.Є. – к.з.н., доцент,

Довгополий М.М. – магістр,

Кабак І.С. – магістр,

Пісоцький Є.С. – магістр,

*Одеський державний екологічний університет,
mromanchuk67@gmail.com, ihorkabak@gmail.com,
evgeniypisotskiy@gmail.com*

Мінералізація являється одним із важливих показників якості води, зміни якої впливають на наявність тієї або іншої іхтіофауни та флори річки, кормової бази риб, придатність води для питного, сільськогосподарського, господарсько-побутового призначення та ін. В роботі розглядається зміна мінералізації в межах Середнього Дніпра, на прикладі, річки Псел в пунктах: м. Суми, м. Гадяч, с. Запсілля; його притоки – р. Хорол біля міста Миргороді Нижнього Дніпра в трьох створах спостереження: р. Інгулець – м. Кривий Ріг (1 км вище міста), р. Інгулець – м. Кривий Ріг (1 км нижче міста) та р. Інгулець – с. Садове (1,2 км нижче села). Аналіз якості води за мінералізацією та її складовими проводився за період 2004–2015 рр. Мінералізація – це загальний вміст у воді мінеральних речовин (розчинених іонів, солей і колоїдів). На 90 % мінералізація – це сума аніонів (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) і катіонів (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}).

Річки Псел, Хорол, Інгулець відрізняються як за умовами природного формування хімічного складу води, у тому числі і мінералізації, так і за галузевим направленням промислових та сільськогосподарських підприємств.

Річка Псел – транскордонна. Бере початок в межах Прохоровського району Білгородської області (Росія) і протікає по території України в межах двох областей: Сумської та Полтавської; р. Хорол (права притока Псла) протікає також в межах Сумської та Полтавської областей, але хімічний склад її вод відрізняється від вод р. Псел підвищеним вмістом сульфатів, натрію та загальною мінералізацією. Так, середньобагаторічні значення мінералізації в створах на річці Псел відповідно склали: м. Суми – 669 мг/дм³; м. Гадяч – 757 мг/дм³; с. Запсілля – 707 мг/дм³. Мінералізація за період 2004–2015 рр. біля пункту р. Хорол – м. Миргород дорівнює 892 мг/дм³. За хімічним складом за формулою Курлова вода р. Псел в межах всіх створів характеризується як хлоридно-гідрокарбонатно-натрієво-кальцієва, у той час, як у р. Хорол вода належить до хлоридно-гідрокарбонатного класу (за переважаючими аніонами) та кальцієво-натрієвої групи (за переважаючими катіонами).

Річка Інгулець протікає територією Кіровоградської та Дніпропетровської областей України, в пониззі – в межах Миколаївської та Херсонської областей. Якість води за мінеральним складом суттєво змінюється в межах басейну, що обумовлено промиванням русла водою Карачунівського водосховища та водами по-

будованого каналу Дніпро-Інгулець. Також слід відзначити значний вплив міста Кривий Ріг на зміну якості води за сольовим складом. До міста середньорічна концентрація мінералізації за період спостереження становила 879 мг/дм^3 , через 1 км після – 1582 мг/дм^3 , що майже вдвічі вище. Після розведення високомінералізованих шахтних вод, що скидаються промисловими підприємствами в річку, у нижній течії Інгульця, поблизу села Садове, середньо багаторічне значення мінералізації є найнижчим серед усіх пунктів спостереження – 353 мг/дм^3 . Також змінюється і якість води за головними іонами. Так, за формулою Курлова вода відповідно характеризується як: у м. Кривий Ріг (1 км вище міста) – хлоридно-сульфатно-кальцієво-магнієво-натрієва; в м. Кривий Ріг (1 км нижче міста) – сульфатно-хлоридно-магнієво-натрієва; біля с. Садове (1,2 км нижче села) – хлоридно-гідрокарбонатно-магнієво-кальцієва.

Ключові слова: мінералізація, аніони, катіони, якість води, гранично допустима концентрація

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Хімічному складу води як самого Середнього та Нижнього Дніпра, так і його приток, присвячено багато робіт. У першу чергу слід зазначити роботи В.К. Хільчевського, В.М. Тимченка, М.І. Ромася [1–3], в яких надається аналіз змін гідрохімічних показників якості вод басейну Дніпра, екологічна оцінка стану вод.

Стосовно р. Інгулець, то достатньо повна характеристика гідрохімічного режиму надається в роботах [4–6]. Найбільш повна інформація по якості води р. Хорол приведена в роботі Лозовіцького [7], де аналізується зміна мінералізації води та її складових за період 1939-2002 рр., а також в статті [8].

Постановка завдання. Метою даної роботи являється характеристика мінерального складу води річок Середнього та Нижнього Дніпра (на прикладі річок Псел, Хорол і Інгулець) та аналіз змін мінералізації і її складових за період 2004-2015 рр.

Методи дослідження. Для виявлення та встановлення основних закономірностей зміни мінерального складу води річок Середнього та Нижнього Дніпра (на прикладі річок Псел, Хорол і Інгулець) було застосовано математико-статистичний аналіз з використанням стандартних обчислювальних програм *Excel*.

Були використані дані спостережень на стаціонарних гідрохімічних постах у системі Держгідрометслужби за період 2004-2015 рр. Аналіз води був проведений за наступними показниками: вміст головних іонів (катіонів: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ ; аніонів: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), загальна мінералізація води (мг/дм^3).

Також були застосовані графічні методи для побудування пелюсткових номограм та графіків зміни параметрів якості води у часі. Для характеристики мінерального складу води у басейнах річок Псел, Хорол та Інгулець була використана Екологічна оцінка якості води за критерієм мінералізації [9].

Результати досліджень та їх обговорення. Басейни всіх досліджуваних річок в той чи іншій мірі потерпають від техногенного навантаження. На Пслі у межах України створено близько 10 невеликих водосховищ. Більшість гідровузлів у своєму складі мають ГЕС. Басейн р. Псел в межах Сумської та Полтавської областей відчуває значне антропогенне навантаження за рахунок розвиненої промисловості, транспортного, сільськогосподарського комплексів, застарілих мереж водопостачання та водовідведення в великих містах та відсутності каналізаційної системи в малих містах та селищах. Також в межах обох областей в басейні р. Псел знаходиться велика кількість родовищ корисних копалин (багато нафтових, нафтогазоконденсатних, газових і газоконденсатних родовищ). У районі Кременчуцької аномалії зосереджені запаси залізних руд. Серед інших корисних копалин – торф, бішофіт, будівельні матеріали, мінеральні води [10]. У пониззі Псел судноплавний.

В басейні р. Хорол основними галузями господарства являються: харчова, переробна промисловості, машинобудування та металообробка, деревообробна промисловість, виробництво пластмасових виробів, легка промисловість та ін. Із населених пунктів на її берегах знаходяться міста Хорол і Миргород [11]. Саме там знаходиться найбільша кількість промислових, комунально-побутових підприємств, стічні води яких негативно впливають на якість води.

Інгулець – основна водна артерія Кривбасу, яка приймає високо мінералізовані води хвостосховищ ВАТ “Південний ГЗК”, ВАТ “Інгулецький ГЗК” і ставка-накопичувача б. Свистунова і недостатньо очищені стічні води ряду підприємств. У наш час у Кривбасі добуваються три основні промислові типи залізних руд: багаті руди, які безпосередньо використовуються у металургії, магнетитові і окислені залізисті кварцити, які потребують збагачення.

Розрізняються річки й іхтіофауною. У складі рибного населення Псла найчастіше зустрічаються щука, плітка, ялець, головень, в’язь, червоноперка, жерех, вівсянка, підуст, піскар, вусань, укля, бистрянкa, густера, лящ, гірчак, карась, сазан, голець, щиповка, в’юн, окунь, йорж, бички, рідше – білоглазка, синець, чехоня, сом, минь, колючка, судак і носарь. Псел – найбільш зарибнена річка Полтавської області. В ній водиться до 40 видів риб, три чверті яких належить до родини корошових.

Рибне населення приток Псла бідніше. З риб в Хоролі переважають чималими видами є вівсянка, гірчак і язь [12].

В річці Інгулець зустрічаються тюлька, красноп’юрка, плотва, укля, головань, карась, карп, окунь, тарань, рибець, чехонь, жерех, сазан, судак, щука, лящ, толстолоб, сом. Видовий склад зменшується по мірі віддалення від гирла вверх за течією [13].

Усі зазначені відмінності призводять і до різних якісних характеристик води в басейні Середнього та Нижнього Дніпра.

Розташування створів спостереження наведено на рисунку 1.



Рис. 1. Карта-схема розташування створів спостереження в межах басейну р. Дніпро

На рисунку 2 представлена зміна мінералізації в межах створів спостереження в басейні р. Псел. Окрім графіків зміни мінералізації також наведені лінійні лінії тренду та їх рівняння.

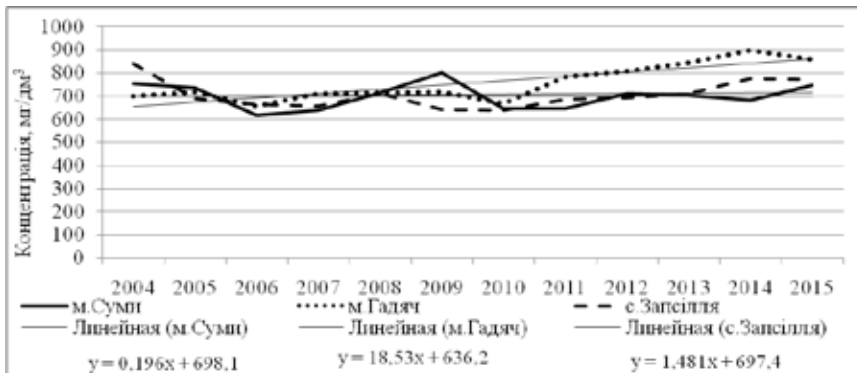


Рис. 2. Часовий графік зміни мінералізації в межах створів басейну р. Псел

Як видно, коливання мінералізації знаходяться в межах: по м. Суми 616,5 мг/дм³ (2006 р.) – 800,25 мг/дм³ (2009 р.); по м. Гадяч 657,2 мг/дм³ (2006 р.) – 897,75 мг/дм³ (2014 р.); по с. Запсілля 639 мг/дм³ (2010 р.) – 841 мг/дм³ (2004 р.). По створах м. Суми та с. Запсілля спостерігається

незначне збільшення мінералізації у часі, а в пункті м. Гадяч (починаючи з 2010 р.) – невпинний ріст.

За класифікацією якості поверхневих вод за критерієм мінералізації [9], води р. Псел у межах всіх створів за період 2004-2015 рр. належать до II класу та 2-ої категорії, тобто прісних олігогалинних (від 510 до 1000 мг/дм³). За екологічною класифікацією – води «дуже добрі» за станом – «чисті» за ступенем чистоти (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація якості води у басейні р. Псел за критерієм мінералізації за середніми річними (2004-2015 рр.)

№ посту	Клас якості		Категорія якості		Екологічна класифікація	
					за станом	за ступенем чистоти
м. Суми	I	прісні	2	олігогалинні	дуже добрі	чисті
м. Гадяч	I	прісні	2	олігогалинні	дуже добрі	чисті
с. Запсілля	I	прісні	2	олігогалинні	дуже добрі	чисті

Для опису хімічного складу вод р. Псел – м. Суми було складено формулу Курлова. М.Г. Курлов запропонував формулу ще в 1921 р. для компактного подання відомостей про мінеральні води. Її широко використовують і для опису хімічного складу природних вод.

Формула Курлова є псевдодробом (помилкова дріб, так як операція ділення не проводиться), в чисельнику якого записують аніонний склад води в відсотку-мольній формі (в %-моль, %-екв) в порядку зменшення, а в знаменнику – катіонний склад в такому ж порядку.

Перед дробом ставиться прописна буква М (мінералізація), дані записуються до першого десяткового знаку (в г/дм³). Найменування складу води включає аніони і катіони, вміст яких перевищує 25 %-моль (% екв) [14].

У таблиці 2 наведені розраховані дані про хімічний склад вод р. Псел за формулою Курлова.

Таблиця 2. Осереднені дані про хімічний склад вод р. Псел за формулою Курлова за період 2004-2015 рр.

Пункт спостереження	Формула Курлова	Найменування хімічного складу води
м. Суми	$M_{0,70} \frac{HCO_3,54Cl/25SO_4,21}{Ca47Na34Mg19}$	хлоридно-гідрокарбонатно-натрієво-кальцієва
м. Гадяч	$M_{0,76} \frac{HCO_3,55Cl/25SO_4,20}{Ca45Na39Mg16}$	хлоридно-гідрокарбонатно-натрієво-кальцієва
с. Запсілля	$M_{0,74} \frac{HCO_3,55Cl/24SO_4,21}{Ca46Na33Mg18}$	хлоридно-гідрокарбонатно-натрієво-кальцієва

Відповідно до формули Курлова в створі м. Суми за багаторічний період вода являється хлоридно-гідрокарбонатною-натрі-кальцієвою з мінералізацією 700 мг/дм^3 ($0,70 \text{ г/дм}^3$).

В пункті р. Псел – м. Гадяч з аніонів більш ніж у 2 рази по відношенню до інших аніонів переважають гідрокарбонатні іони (55 %-екв.). З катіонів у більшій кількості спостерігаються кальцієві іони (45 %-екв.), але й іонів магнію практично така ж величина (39 %-екв.). За формулою Курлова в межах створу вода хлоридно-гідрокарбонатна-натрієво-кальцієва з мінералізацією 760 мг/дм^3 ($0,76 \text{ г/дм}^3$).

Біля с. Запсілля вода також хлоридно-гідрокарбонатна-натрієво-кальцієва з мінералізацією 740 мг/дм^3 ($0,74 \text{ г/дм}^3$).

В межах всіх створів проводився порівняльний аналіз іонного складу якості води р. Псел з рибогосподарськими нормативами (ГДКрг). Було виявлено, що за вмістом середніх річних значень хлоридів, магнію та кальцію перевищення нормативів не спостерігалось. Але в межах всіх створів було перевищення ГДКрг за вмістом сульфатів та натрію (за винятком р. Псел – м. Суми), що представлено у вигляді пелюсткових номограм, де у вершинах кутів наводиться рік спостереження, а на колах – значення концентрацій у кратності перевищення над ГДКрг. (рис. 3, 4).

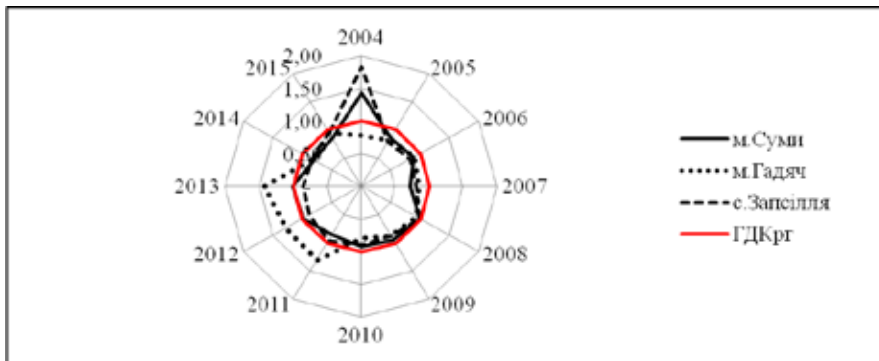


Рис. 3. Характеристика часової зміни середньорічних концентрацій сульфатів у воді р. Псел (у кратності перевищення над ГДК=100 мг/дм³)

На рисунку 3 показаний розподіл вмісту сульфатів в басейні р. Псел. У створі м. Суми незначне перевищення над нормативом було в 2013 р. ($100,9 \text{ мг/дм}^3$), але найбільше спостерігалось в 2004 році і дорівнювало 1,43 ГДКрг. Найменше значення сульфатів спостерігалось в 2007 році і складало $70,9 \text{ мг/дм}^3$.

Значення концентрації сульфатів у воді р. Псел – м. Гадяч були на межі ГДКрг практично в усі роки, але перевищення спостерігалися лише

в 2011 р. (130,0 мг/дм³), 2012 (128,4 мг/дм³) та 2013 (142,5 мг/дм³) роках. Найменший вміст сульфатів був у 2004 році – 77,8 мг/дм³.

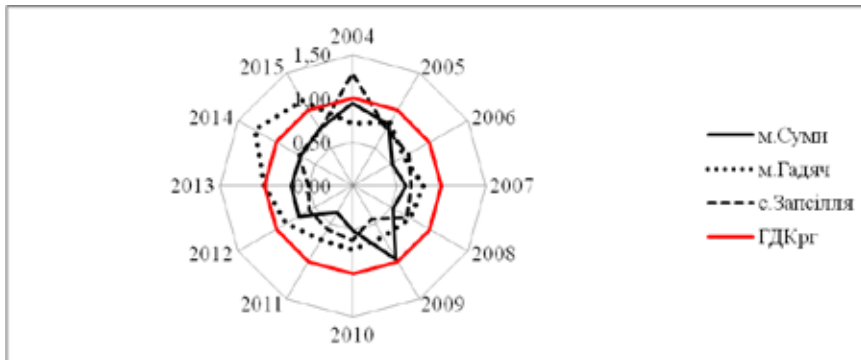


Рис. 4. Пелюсткова діаграма зміни середньорічних значень іонів натрію в воді р. Псел (у кратності перевищення над ГДК)

За середньорічними значеннями перевищення ГДК рибогосподарського призначення в межах р. Псел – с. Запсілля спостерігалось лише в 2004 році – 1,83 ГДКрг.

Як було зазначено вище, тільки в межах р. Псел – м. Суми, не спостерігалось перевищення ГДКрг за вмістом іонів натрію (ГДКрг=120 мг/дм³). В даному створі значення концентрацій коливались від 42,5 мг/дм³ (2011 р.) до 116,2 мг/дм³ (2009 р.)

У пункті р. Псел – м. Гадяч середньорічні концентрації натрію змінювались від 80,2 мг/дм³ в 2006 р. до 152,75 мг/дм³ в 2014 р. Перевищення ГДКрг було визначено лише в останні 2014-2015 рр. – в 1,53 та 1,34 рази відповідно (рис. 4). Середньорічні концентрації натрію в створі р. Псел – с. Запсілля змінювались в межах 51,5 мг/дм³ (2009 р.) – 154,83 мг/дм³ (2004 р.). Саме в 2004 році і спостерігалось єдине перевищення нормативу в 1,55 разів.

За разовими вимірами концентрації натрію були вищими і, навіть, в створі м. Суми, в якому не спостерігалось перевищень ГДКрг за середньорічними показниками. Найбільше значення було 16.05.2009 р. – 169 мг/дм³. В пунктах р. Псел – м. Гадяч та р. Псел – с. Запсілля максимальні за період 2004-2015 рр. концентрації натрію були зафіксовані відповідно: 9.02.2014 р. (225 мг/дм³) та 1.10.2004 р. (213 мг/дм³).

Середньорічні значення мінералізації води р. Хорол – м. Миргород (0,5 км вище міста) коливались за період спостереження від 801,3 мг/дм³ (2012 р.) до 1016 мг/дм³ (2009 р.) (рис. 5), але за разовими спостереженнями ці межі коливань значно ширше: від 587 мг/дм³ (25.01.2010 р.) до 1340 мг/дм³ (22.08.2008 р.).

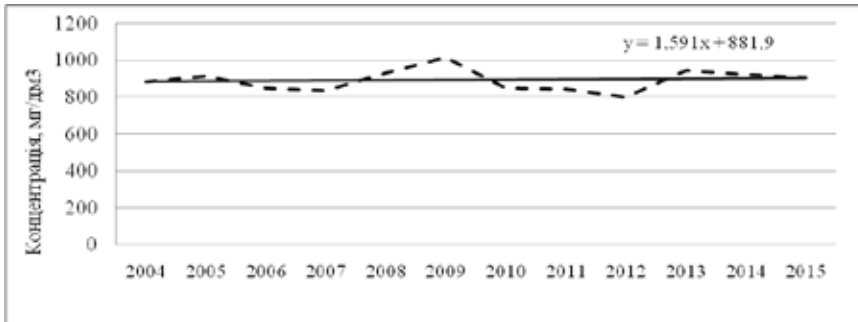


Рис. 5. Динаміка середньорічних значень мінералізації в межах пункту р. Хорол – м. Миргород (2004-2015 рр.)

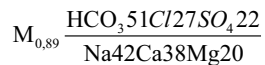
За критерієм мінералізації за багаторічний період (892,24 мг/дм³) вода р. Хорол в місті Миргород відноситься до прісної олігогалинної 2-ї категорії якості («добра – дуже добра» за станом або «чиста» як за класом, так і категорією за ступенем чистоти) [9].

За середньорічними даними якості води представлена в таблиці 3. У 92 % випадків вода за критерієм мінералізації характеризувалась II класом та 2-ою категорією якості. В 2009 році мінералізація в створі р. Хорол – м. Миргород дорівнювала 1016 мг/дм³ і вода відносилась до II класу та 3-ої категорії якості, тобто належала до солонуватих β-мезогалинних вод.

Таблиця 3. Класифікація якості води у басейні р. Хорол – м. Миргород за критерієм мінералізації за середніми річними значеннями (2004-2015 рр.)

Клас якості		Категорія якості		Екологічна класифікація		Повторюваність, %
				за станом	за ступенем чистоти	
II	прісні	2	олігогалинні	дужедобрі	чисті	92
II	солонуваті	3	β-мезогалинні	добрі	досить чисті	8

За сольовим складом вода за 2004-2015 рр. належить до хлоридно-гідро карбонатного класу (за переважаючими аніонами) та кальцієво-натрієвої групи (за переважаючими катіонами), що наглядно представлено у вигляді формули Курлова:



Вміст переважаючого аніона – гідрокарбонату, в воді р. Хорол за період досліджування змінювався від 229 мг/дм³ (25.01.2010) до 562 мг/дм³ (26.01.2004), тобто мінімальне значення менше за максимальне у 2,45 рази.

Вміст переважаючого катіона – натрію, змінювався від 0,8 мг/дм³ (25.01.2010) до 289 мг/дм³ (22.08.2008), що перевищує рибогосподарське ГДК в 2,41 рази (ГДК_{рг} = 120 мг/дм³). Середня багаторічна величина вмісту натрію у воді – 125,12 мг/дм³, що також трохи вище за ГДК_{рг}.

Концентрація сульфатів у воді р. Хорол коливалась від 73,5 мг/дм³ (23.08.2004) до 249 мг/дм³ (22.08.2008). Середня багаторічна величина вмісту сульфатів у воді трохи перевищує рибогосподарський норматив (ГДК_{рг} = 100 мг/дм³) і дорівнює 132,38 мг/дм³, що дозволяє віднести воду до 4-ї категорії якості, тобто «задовільна» за класом і категорією за станом вод, або «забруднена» за класом – «слабко забруднена» за категорією за ступенем чистоти (за критерієм забруднення компонентами сольового складу) [9].

Вміст хлоридів у воді змінювався від 44,3 мг/дм³ (07.04.2008) до 294 мг/дм³ (20.11.2005). Середнє багаторічне значення концентрації хлоридів в воді Хоролу – 121,18 мг/дм³, тобто вода за період 2004-2015 рр. відносилась, як і сульфати, до 4-ої категорії якості води. Перевищень нормативу не спостерігалось (ГДК_{рг} = 300 мг/дм³).

Амплітуда коливань магнію у воді р. Хорол була в межах 5,8 мг/дм³ (01.05.2004) – 99,7 мг/дм³ (26.01.2004), при рибогосподарському нормативу у 40 мг/дм³. Середньоарифметичне значення цього компоненту за весь період дослідження становить 31,84 мг/дм³.

Вміст у воді Хоролу іонів кальцію змінювався в значних межах: від 42,5 мг/дм³ (07.04.2008) до 156 мг/дм³ (17.01.2006), але перевищень ГДК_{рг} не спостерігалось (180 мг/дм³).

Як вже зазначалось, мінералізація води в р. Інгулець залежить не тільки від природних чинників, але й від значного антропогенного втручання. На мінеральний склад впливають зворотні води гірничорудних, гірнично-збагачувальних підприємств Кривбасу, а також основних приток.

Графік зміни середньорічних значень мінералізації води р. Інгулець представлений на рисунку 6. Видно, що коливання концентрацій вище та нижче міста Кривий Ріг майже синхронні.

Середньорічні концентрації мінералізації в 1 км вище Кривого Рогу змінювались від 667,4 мг/дм³ (2014 р.) до 1033 мг/дм³ (2004 р.), тобто не перевищували 1000 мг/дм³ і належали до прісних олігогаліних, окрім 2004 року [9]. Тоді вода була солонувата β-мезогалінна. Через 1 км після міста концентрації збільшились і на протязі всього часу були вищими за 1000 мг/дм³. Вони змінювались в межах 1092 мг/дм³ (2014 р.) – 2090 мг/дм³ (2004 р.) і вода за критерієм мінералізації характеризувалась як солонувата β-мезогалінна. Вода в створі р. Інгулець – с. Садове (1,2 км нижче села) за критерієм мінералізації відноситься до прісних гіпогаліних (менше 500 мг/дм³) і значення коливаються від 333 мг/дм³ (2004 р.) до 366 мг/дм³ (2013 р.).

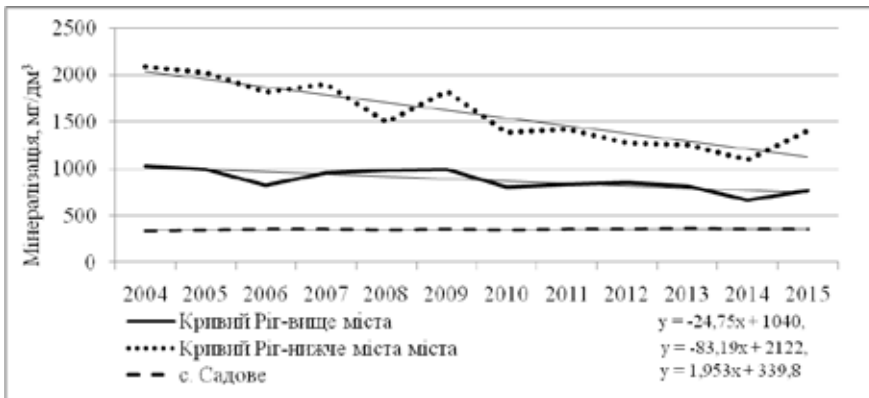


Рис. 6. Зміна середньорічних значень мінералізації води в басейні р. Інгулець (2004-2015 рр.)

У межах створу р. Інгулець – м. Кривий Ріг (1 км вище міста) вода за формулою Курлова оцінюється як хлоридно-сульфатно-кальцієво-магнієво-натрієва з загальною мінералізацією 0,88 г/дм³; в пункті р. Інгулець – м. Кривий Ріг (1 км нижче міста) – як сульфатно-хлоридно-магнієво-натрієва з загальною мінералізацією 1,56 г/дм³; в межах створу р. Інгулець – с. Садове – як хлоридно-гідрокарбонатно-магнієво-кальцієвою з мінералізацією 0,35 г/дм³ (табл. 4).

Таблиця 4. Осереднені за період 2004-2015 рр. дані про хімічний склад вод р. Інгулець за формулою Курлова

Пункт спостереження	Формула Курлова	Найменування хімічного складу води
м. Кривий Ріг (1 км вище міста)	$M_{0,88} \frac{SO_4 43Cl 34HCO_3 23}{Na 40Mg 31Ca 29}$	хлоридно-сульфатно-кальцієво-магнієво-натрієва
м. Кривий Ріг (1 км нижче міста)	$M_{1,56} \frac{Cl 56SO_4 30HCO_3 14}{Na 49Mg 27Ca 24}$	сульфатно-хлоридно-магнієво-натрієва
с. Садове (1.2 км нижче села)	$M_{0,35} \frac{HCO_3 55Cl 25SO_4 20}{Ca 49Mg 35Na 16}$	хлоридно-гідрокарбонатно-магнієво-кальцієва

На пелюсткових номограмах (рис. 7–10) наведений розподіл тих параметрів сольового складу води, концентрації яких перевищують ГДКрг. На номограмах відсутній пункт с. Садове, оскільки зовсім не спостерігалось перевищення нормативів по жодному з компонентів.

В створі р. Інгулець – м. Кривий Ріг (1 км вище міста) іони Cl⁻ змінювались за багаторічний період від 115 мг/дм³ (2014 р.) до 202 мг/дм³ (2007 р.), тобто перевищень нормативу не спостерігалось. За разовими

вимірами були визначені наступні мінімальні та максимальні значення: 46,2 мг/дм³ (06.02.2007 р.) – 600 мг/дм³ (12.03.2007 р.) відповідно. Максимальна концентрація складає 2 ГДКрг.

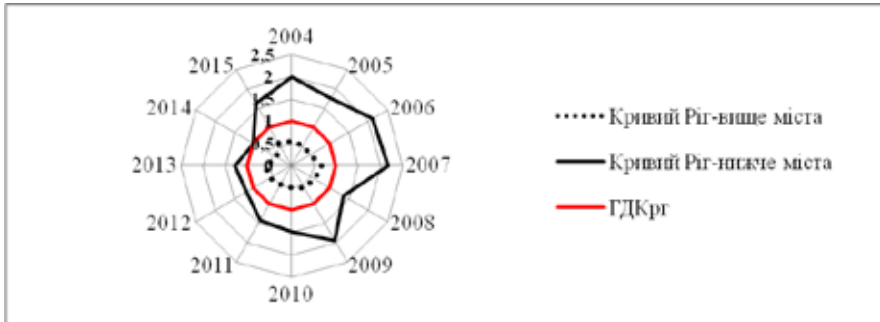


Рис. 7. Розподіл хлоридів в межах створів р. Інгулець – м. Кривий Ріг (вище та нижче міста) (у кратності перевищення над ГДК) (ГДКрг=300 мг/дм³)

Зміна середньорічних значень сульфатів в межах Кривого Рогу наведена на рисунку 8.

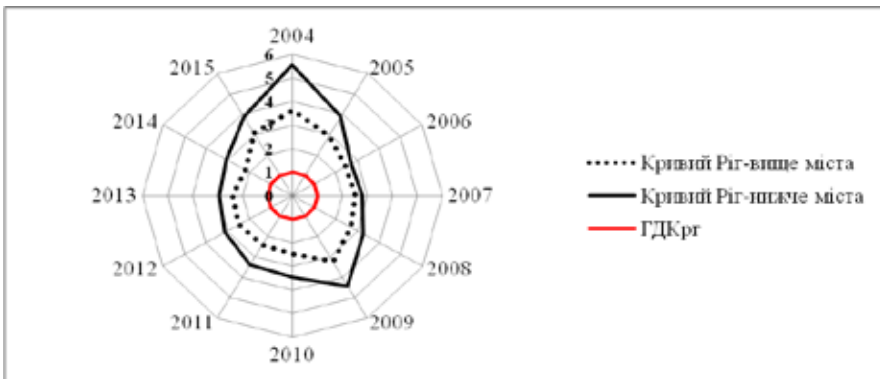


Рис. 8. Розподіл сульфатів в межах створів р. Інгулець – м. Кривий Ріг (вище та нижче міста) (у кратності перевищення над ГДК) (ГДКрг= 100 мг/дм³)

У створі р. Інгулець – м. Кривий Ріг (1 км нижче міста) межі коливань концентрацій склали: середньорічні 297 мг/дм³ (2014 р.) – 653 мг/дм³ (2007 р.); разові: 55 мг/дм³ (15.07.2008 р.) – 1040 мг/дм³ (06.06.2007 р.). Останнє значення перевищує ГДКрг у 3,47 разів. Біля с. Садове середньорічні концентрації хлоридів змінювались від 35,6 мг/дм³ (2004 р.) до 47,6 мг/дм³ (2013 р.); разові – від 28,0 мг/дм³ (04.08.2004 р.) до 50,6 мг/дм³ (16.01.2013 р.).

Концентрації SO_4^{2-} значно перевищують рибогосподарське ГДК: вище створу в 2,17 (2014 р.) – 3,6 (2004 р.) разів, нижче створу – в 2,73 (2006 р.) – 5,53 (2004 р.) разів. Серед разових вимірів максимальне перевищення у верхньому створі складає 8,65 ГДКрг (12.03.2007 р.); у нижньому – 17,68 ГДКрг (17.01.2005 р.). Середньорічні концентрації сульфатів біля с. Садове змінюються від 45,05 мг/дм³ (2005 р.) до 52,6 мг/дм³ (2013 р.); разові – від 38,9 мг/дм³ (04.04.2004 р.) до 56,8 мг/дм³ (12.01.2006 р.).

Зміна концентрації іонів магнію за досліджуваний період наведена на рисунку 9. Вище міста Кривий Ріг спостерігається перевищення нормативу якості води рибогосподарського призначення (ГДКр = 40 мг/дм³) в усі роки, за виключенням 2009-2010 рр. Найбільші показники перевищення нормативу спостерігались у 2004 та 2006 роках (в 1,78 та 1,77 разів відповідно). З разових вимірів максимальне значення магнію дорівнює 5,13 ГДКрг (09.03.2006 р.).

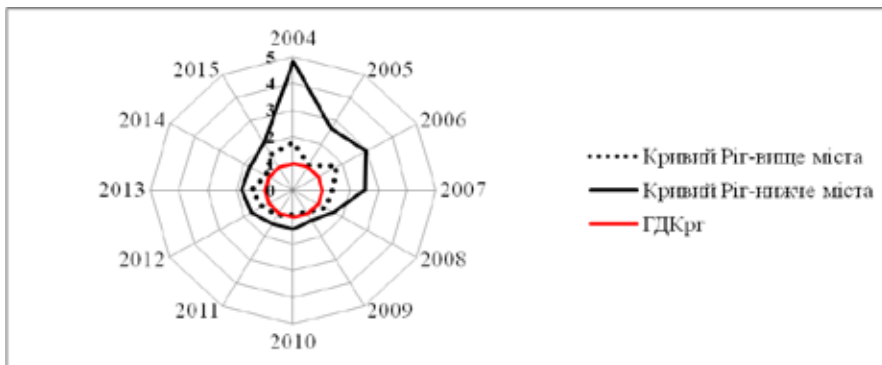


Рис. 9. Розподіл іонів магнію в межах створів р. Інгулець – м. Кривий Ріг (вище та нижче міста) (у кратності перевищення над ГДК) (ГДКрг=40 мг/дм³)

Середньобагаторічна концентрація вище міста становить 52,16 мг/дм³ та 86,78 мг/дм³ – нижче Кривого Рогу, що відповідно в 1,3 та 2,17 разів більше за норматив. В створі нижче міста за середньорічними даними перевищення склали 1,45 ГДКрг (2010 р.) – 4,82 ГДКрг (2004 р.). Максимальне перевищення нормативу досягало 9,4 ГДКрг в 01.07.2004 р. Серед всіх вимірювань концентрації магнію в межах с. Садове коливались від 17,3 мг/дм³ (12.01.2004 р.) до 24,6 мг/дм³ (04.10.2006 р.).

З номограми (рис. 10) видно, що за середньорічними концентраціями іонів натрію в пункті спостереження р. Інгулець – м. Кривий Ріг (вище міста) рибогосподарські нормативи (120 мг/дм³) були перевищені в 2004-2005, 2007-2009 та 2012 роках.

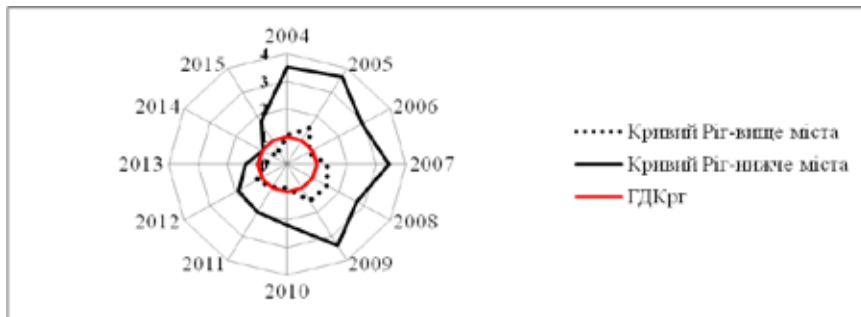


Рис. 10. Розподіл іонів натрію в межах створів р. Інгулець – м. Кривий Ріг (вище та нижче міста) (у кратності перевищення над ГДК) (ГДКрг=120 мг/дм³)

Найбільше значення склало 1,55 ГДКрг (2008 р.). Нижче створу нормативи були перевищені в 1,41 (2013 р.) – 3,65 (2005 р.) разів і тільки в 2014 році концентрація натрію була в межах ГДКрг. Максимальне значення іонів Na⁺ спостерігалось 11.10.2005 р. – 894 мг/дм³. Вниз за течією вміст натрію в воді р. Інгулець значно зменшується і біля с. Садове коливається від 8,3 мг/дм³ (04.08.2004 р.) до 32,8 мг/дм³ (04.01.2007 р.).

Висновки. За результатами проведеної роботи, можна зробити наступні висновки:

1. У басейні Псла загальна мінералізація зростає у часі в межах трьох створів дослідження – м. Суми, м. Гадяч, с. Запсілля, але найбільше в пункті м. Гадяч. За переважаючими аніонами вода хлоридно-гідрокарбонатна, за переважаючими катіонами – натрієво-кальцієва на протязі періоду спостереження. За середніми річними концентраціями хлоридів, магнію та кальцію перевищення рибогосподарських нормативів не спостерігалось.

2. Вода р. Інгулець високомінералізована внаслідок забруднення її промисловими підприємствами Кривбасу. Середньобагаторічні значення загальної мінералізації та концентрації головних іонів суттєво зростають після м. Кривий Ріг на відміну від створу за 1 км до міста: в 3 рази за вмістом хлоридів, в 1,31 разів за вмістом сульфатів, в 2,35 разів за вмістом іонів натрію, в 1,8 разів за мінералізацією. Загалом, за період спостереження ці показники зменшуються у часі. Найкращі показники якості води відзначаються в межах с. Садове, де концентрації мінералізації, головних іонів жодного разу не перевищували ГДК для об'єктів рибогосподарського призначення. Це здійснюється за рахунок попусків води з Карачунівського водосховища впродовж всього поливного періоду (з квітня по серпень) [15].

**ANALYSIS OF CHANGES
IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER
IN THE BASIN OF THE MIDDLE AND LOWER DNIEPER
(ON THE EXAMPLE OF THE RIVERS PSEL,
KHOROL AND INGULETS)**

Romanchuk M. Ye. – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor;

Dovhopolyi M.M. – Master;

Kabak I.S. – Master;

Pisotskyi Ye.S. – Master;

Odessa State Ecological University;

mromanchuk67@gmail.com, ihorkabak@gmail.com,

evgeniypisotskiy@gmail.com

Mineralization is one of the important indicators of water quality, which affects the presence of a particular ichthyofauna and flora of the river, the forage base of fish, the suitability of water for drinking, agricultural, domestic and other purposes. The paper considers the altered mineralization within the Middle Dnieper, for example, the river Psel in the points: Sumy, Gadyach, Zapsillya, its tributaries – the river Khorol near the city of Myrhorod, and the Lower Dnieper in three created observations – the river Ingulets – m. Kryvyi Rih (1 km above the city), Ingulets – m. Kryvyi Rih (1 km below the city) and the river Ingulets-Sadove (1.2 km below the village). Analysis of water quality by mineralization and its components was conducted for the period 2004-2015. Mineralization is the total content of minerals in water (dissolved ions, salts and colloids). 90% mineralization is the sum of anions (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) and cations (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}).

The rivers Psel, Khorol, Ingulets differ both in terms of the natural formation of the chemical composition of water, including mineralization, and in the sectoral direction of industrial and agricultural enterprises.

The Psel River is cross-border. It originates within the Prokhorov district of the Belgorod region (Russia) and flows through the territory of Ukraine within two regions: Sumy and Poltava; The Khorol River (a right tributary of the Psel River) also flows within the Sumy and Poltava regions, but the chemical composition of its waters differs from the waters of the Psel River by its high content of sulfates, sodium and total mineralization. Thus, the average long-term values of mineralization in the areas on the river Psel, respectively, were: Sumy – 669 mg/dm³; Gadyach – 757 mg/dm³; Zapsillya village – 707 mg/dm³. Mineralization for the period 2004-2015 near the point of the Khorol River – Myrhorod is equal to 892 mg/dm³. According to the chemical composition according to the formula Kurlov water of the river Psel within all lines is characterized as chloride-hydrocarbonate-sodium-calcium, while in the river Khorol water belongs to the chloride-hydrocarbonate class (according to the predominant anions) and calcium-sodium group (by predominant cations).

The Ingulets River flows through the territory of Kirovohrad and Dnipropetrovsk regions of Ukraine, in the lower reaches – along the Black Sea lowlands within the Mykolayiv and Kherson regions. The quality of water in terms of mineral composition varies considerably within the basin, which is due to the

washing of the riverbed by the waters of the Karachunovsky Reservoir and the waters of the constructed Dnieper-Ingulets canal. The average annual concentration of mineralization in the city during the observation period was 879 mg/dm³, 1 km later – 1582 mg/dm³, which is almost twice as high. After the dilution of highly mineralized mine waters discharged by industrial enterprises into the river, in the lower reaches of the Ingulets, near the village of Sadovoe, the average long-term value of mineralization is the lowest among all observation points – 353 mg/dm³. The water quality of the main ions also changes. Thus, according to the formula Kurlov water is accordingly characterized as: Kryvyi Rih (1 km above the city) – chloride-sulfate-calcium-magnesium-sodium; Kryvyi Rih (1 km below the city) – sulfate-chloride-magnesium-sodium; Sadove village (1.2 km below the village) – chloride-hydrocarbonate-magnesium-calcium.

Keywords: mineralization, anions, cations, water quality, maximum allowable concentration.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хільчевський В.К., Ромась І.М., Ромась М.І., Гребінь В.В., Шевчук І.О., Чунарьов О.В. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра. Київ: Ніка-Центр, 2007. 184 с.
2. Хільчевський В.К., Курило С.М., Дубняк С.С., Савицький В.М., Забокрицька М.Р. Гідроекологічний стан басейну річки Рось. Київ: Ніка-Центр, 2009. 116 с.
3. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. Денисова А.И. и др. ; отв.ред. А.М. Шевченко. Киев: Наукова думка, 1989. 216 с.
4. Хільчевський В.К., Кравчинський Р.Л., Чунарьов О.В. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу. Київ: Ніка-Центр, 2012. 179 с.
5. Геоекологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі. Багрій І.Д. та ін. Київ: Фенікс, 2002. 190 с.
6. Просторово-часовий комплексний аналіз хімічного складу води Інгулецької зрошувальної системи / Лозовіцький П.С. та ін. *Картографія та вища школа*. 2009. Вип. 14. С. 78–89.
7. Лозовіцький П.С., Лозовіцький А.П. Гідрохімічний режим та якість води річки Хорол. *Водне господарство України*, 2006. № 4. С. 27–36.
8. Винарчук О.О. Загальна характеристика водокористування та водовідведення в басейнах річок Лівобережного Лісостепу (річки Сула, Псел та Ворскла). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2011. Т. 4 (25). С. 169–178.
9. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. В.Д. Романенко та ін. Київ: Символ–Т, 1998. 28 с.
10. Екологічні паспорти регіонів за 2016 рік. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (офіційний портал)*. URL:<https://menr.gov.ua/news/32628.html>

11. Промисловість. Місто курорт Миргород: веб-сайт. URL: <http://myrgorod.pl.ua/page/ekonomika-mista/promyslovist>
12. Псел. Річки України: веб-сайт. URL: <https://goldfishnet.km.ua/rivers/psel>
13. Загальна характеристика р. Інгулець. *Нова екологія*: веб-сайт. URL: <http://www.novaecologia.org/voecos-1908-1.html>
14. Формула Курлова: веб-сайт. URL: <http://lektsii.com/1-88953.html>
15. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Інгулецька зрошувальна система: стан, проблеми та перспективи розвитку: монографія. За ред. О.В. Морозова. Херсон: Айлант, 2020. С. 12–13, 147–151.

REFERENCES

1. Khilchevskiy V.K., Romas I.M., Romas M.I., Hrebin V.V., Shevchuk I.O., Chunarov O.V. (2007). *Hidroloho-hidrokhimichna kharakterystyka minimalnogo stoku richok baseinu Dnipro* [Hydrological and hydrochemical characteristics of the minimum runoff of rivers of the Dnieper basin]. Kyiv: Nika-Center. [in Ukrainian].
2. Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M., Dubniak S.S., Savytskyi V.M., Zabokrytska M.R. (2009). *Hidroekolohichni stan baseinu richky Ros* [Hydroecological condition of the Ros river basin]. Kyiv: Nika-Center. [in Ukrainian].
3. Denisova A.I., Timchenko V.M, Nahshina E.P., Novikov B.I., Rjabov A.K., Bass Ja.I. (1989). *Gidrologija i gidrohimija Dnepra i ego vodohranilishh* [Hydrology and hydrochemistry of the Dnieper and its reservoirs]. Kyiv: Scientific opinion. [in Ukrainian].
4. Khilchevskiy V.K., Kravchynskiy R.L., Chunarov O.V. (2012). *Hidrokhimichni rezhytm ta yakist vody Inhultsia v umovakh tekhnohenezu*. [Hydrochemical regime and water quality of Ingulets in the conditions of technogenesis]. Kyiv: Nika-Center. [in Ukrainian].
5. Bahrii I.D., Blinov P.V., Bielokopytova N.A., Vylkun Yu.H., Vlasenko Yu.Ya., Hozhyk P.F., Holiarchuk M.H., Hryshchenko S.H., Yevtushenko M.Yu., Zemskiy D.V. (2002). *Heoekolohichni problemy Kryvorizkoho baseinu v umovakh restrukturyzatsii hirnychodobuvnoi haluzi* [Geoecological problems of the Kryvyi Rih basin in the conditions of restructuring of the mining industry]. Kyiv: Phoenix. [in Ukrainian].
6. Lozovits'kyi P.S., Lozovyts'kyi A.P., Molochko A.M., Molochko M.A. (2009). *Prostorovo-chasovyi kompleksnyi analiz khimichnogo skladu vody Inhulets'koi zroshuval'noi system* [Spatio-temporal complex analysis of the chemical composition of water of the Ingulets irrigation system]. *Kartohrafiia ta vyscha shkola*. Kyiv: Instytut peredovykh tekhnolohii. Vol. 14. 83–95. [in Ukrainian].

7. Lozovitskyi P.S., Lozovytskyi A.P. (2006). *Hidrokhimichniy rezhym ta yakist vody richky Khorol* [Hydrochemical regime and water quality of the Khorol river]. *Water management of Ukraine*, no 4, 27–36. [in Ukrainian].
8. Vynarchuk O.O. (2011). *Zahalna kharakterystyka vodokorystuvannia ta vodovidvedennia v baseinakh richok Livoberezhnoho Lisostepu (richky Sula, Psel ta Vorskla)* [General characteristics of water use and drainage in the basins of the rivers of the Left-Bank Forest-Steppe (rivers Sula, Psel and Vorskla)]. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, Vol. 4 (25), 169–178. [in Ukrainian].
9. Romanenko V.D., Zhukynskyi V.M., Oksiiuk O.P. Yatsyk A.V. (1998). *Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnyy katehoriiami* [Methods of ecological assessment of surfacewater quality by relevant categories]. Kyiv: Symvol–T. [in Ukrainian].
10. *Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy (ofitsiyniy portal). Ekolohichni pasporty rehioniv za 2016 rik* [Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine (official portal). Ecological passports of regions for 2016]. URL: <https://menr.gov.ua/news/32628.html>.
11. *Misto kurort Myrhorod. Promyslovist* [Myrhorod resort town. Industry]. URL: <http://myrhorod.pl.ua/page/ekonomika-mista/promyslovist>.
12. *Richky Ukrainy. Psel* [Rivers of Ukraine. Psel]. URL: <https://goldfishnet.km.ua/rivers/psel>.
13. *Nova ekolohiia. Zahalna kharakterystyka r. Inhulets* [New ecology. General characteristics of the Ingulets River]. URL: <http://www.novaecologia.org/voecos-1908-1.html>.
14. *Formula Kurlova* [Kurlov's formula]. URL: <http://lektcii.com/1-88953.html>.
15. Kozlenko Ye.V., Morozov O.V., Morozov V.V. (2020). *Inhuletska zroshuvalna systema: stan, problem ta perspektyvy rozvytku: monohrafiia* [Ingulets irrigation system: state, problems and prospects of development: monograph]. Kherson: Ailant. [in Ukrainian].