

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

УДК 574:804.455

**МЕТОДИ ПОДАННЯ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО СКЛАДУ СОЛЕЙ
ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

А. Р. Журавель

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, 3 курс,
спеціальність «Водні біоресурси та аквакультура»,
навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою

Науковий керівник – д.б.н., професор Й. В. Гриб

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

Аналіз результатів моніторингу гідрохімічного режиму поверхневих вод вимагає уніфікації інформації з сольового складу поверхневих вод. Крім табличних методів, пропонується використовувати графічні стовпчикові діаграми за результатами спостережень, в порівнянні з коловими діаграмами складу солей від витоків до гирла. Також використовується формула Курлова для аналізу співвідношення катіонно-аніонного складу солей, що дає можливість подання стислої інформації на картах-схемах та визначення комплексної ситуації у річкових басейнах. Об'єктами дослідження були притоки другого порядку р. Сули – р. Удай, нижче урбанізованих територій, та правобережна притока р. Дніпра – р. Ворскла. Використані результати польових наукових досліджень та публікації д.б.н. Гриба Й. В. і Войтишиної Д. Й.
Ключові слова: сольовий склад, профіль русла річки, спостереження, біопродуктивність, класифікація і трофність.

Analysis of the results of monitoring the hydrochemical regime of surface waters requires the unification of information on the salt composition of surface waters. In addition to tabular methods, it is suggested to use graphic bar charts based on the results of observations, in comparison with pie charts of the composition of salts from the sources to the mouth. Kurlov's formula is also used to analyze the ratio of the cation-anion composition of salts, which makes it possible to present concise information on maps and diagrams and to determine the complex situation in river basins. The objects of the study were the tributaries of the second order of the river Sula – the river Udai below the urbanized areas, and the right-bank tributary of the river Dnipro – the river Vorskla. The results of field scientific research and publications of Y. Hryb and D. Voytyshina were used.
Keywords: salt composition, riverbed profile, observations, bioproductivity, classification, trophic status.

Річкова мережа піддається постійним впливам поверхневого стоку, зливових і комунальних стічних вод, підземного стоку, атмосферних опадів. Крім постійного формування сольового складу підземних вод за йонами кальцію, магнію, калію, натрію, гідрокарбонатів, хлоридів, сульфатів, спостерігаються аномальні впливи, що ведуть до підвищення мінералізації змін окремих складових – сольового фону, зокрема хлоридів та сульфатів. Використання графічного аналізу динаміки складу солей за створами спостережень та профілем русел дають певну інформацію і картину сольового складу водного середовища і можливість визначення джерел забруднень.

Проблеми регіональної гідрохімії річок до початку 80-х років ХХ століття досконально вивчала к.х.н. Коненко Г. Д., яка вперше визначила сольовий склад поверхневих вод Західного Полісся України, Лісостепу та Степу [5; 6]. Регіональну гідрохімію річок Західного Полісся і регіонів України надалі вивчав д.б.н. Гриб Й. В.

Метою статті є узагальнення наукової інформації щодо методів і способів подання узагальнених даних щодо сольового складу і біопродуктивності річкової мережі.

При проведенні досліджень були використані наступні методи: бібліографічні (за науковими публікаціями щодо складу солей поверхневих вод); ландшафтні (щодо умов формування гідрологічної мережі); гідрохімічні (щодо складу головних іонів мінералізації води). Гідрохімічний режим річок вивчали за апробованими методиками. Мінералізація води визначалася за сумациєю катіонного та аніонного складу солей, а співвідношення катіонів і аніонів визначали за формулою Курлова. Крім табличних результатів досліджень, використовували колові діаграми, стовпчикові діаграми, лінійні графіки динаміки вмісту солей за профілем русел. Для характеристики біологічної складової (репродуктивності) використовували контурні просторові діаграми.

Фундаментальні дослідження гідрохімічного режиму поверхневих вод були проведені науковцями Ко ненко Г. Д., Грибом Й. В., Набіванцем Б. Й., Чернявською А. П., Войтишиною Д. Й. та іншими. Крім наукових публікацій, були розроблені карти поширення головних іонів складу солей водного середовища, розроблені і випущені Інститутами географії НАН України та Західної Європи карти якості поверхневих вод [1; 2; 5; 6].

У публікації наведено приклад подання матеріалу на основі спостережень складу солей р. Удай (правої притоки р. Сули). Річка Удай має довжину 321 км та розташована у Дніпровський низовині. Основні характеристики басейну цієї річки: розораність – біля 70%, лісистість займає 3,5% поверхні водозбору, 9% території басейну займають заплавні осокові та очеретяно-осокові болота. Серед шести приток більшість включені у меліоративні системи як магістральні канали. В заболоченій заплаві, частково осушеній, є два руслових озера, обриси яких втрачені в болоті та які інтенсивно заросли вищою водною рослинністю. Сольовий режим водного середовища представлений катіонами кальцію, магнію, натрію; аніони – гідрокарбонатами, сульфатами, хлоридами з середньою сумою солей 600 – 700 мг/дм³ в залежності від маси атмосферних опадів і фаз гідрологічного режиму. Залежно від створів спостережень бачимо значні впливи стоків урбанізованих територій, зокрема в басейні р. Удай від м. Прилуки і Пирятин. Після м. Прилуки вміст солі зростає майже вдвічі за рахунок натрію, калію, хлоридів, особливо після очисних споруд м. Пирятин до 1800 мг/дм³. Це викликає збільшення мінералізації води в р. Удай нижче за течією до 700 мг/дм³ (рисунок 1).

Цікаві матеріали були отримані при дослідженні сольового режиму р. Ворскла в період межені. Мінералізація тут зростає за течією до 900 мг/дм³. В верхів'ї до 800 мг/дм³ в гирловій частині при фонових значеннях 500–600 мг/дм³. Під час водопілля мінералізація за профілем русел знижується від 700 до 560 мг/дм³, при чому провідними іонами були калій, натрій, хлориди і сульфати (рис. 2) [4].

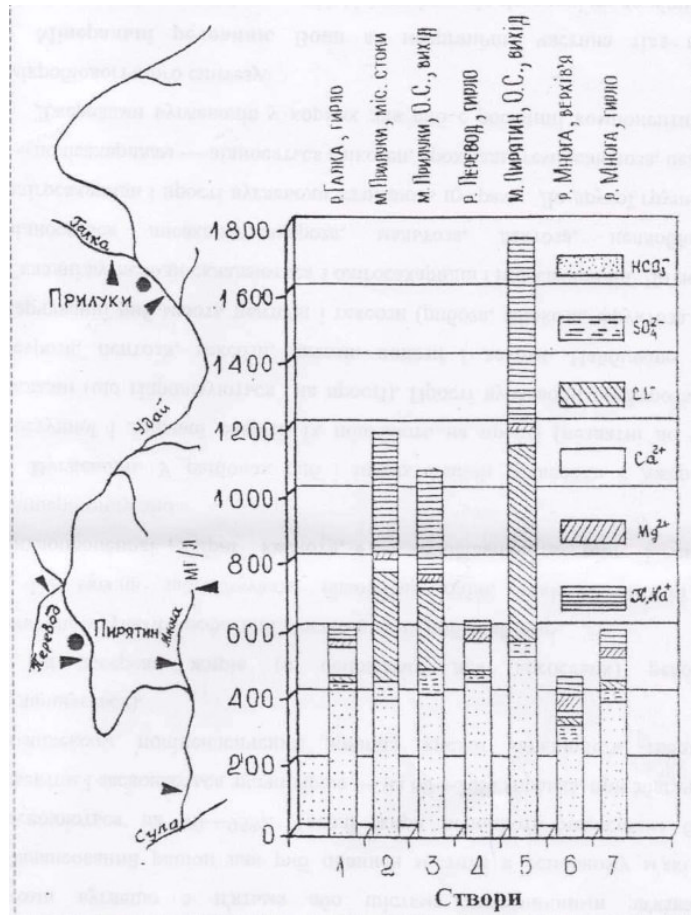


Рис. 1. Іонний склад води приток р. Удай і стічних вод очисних споруд після міст Прилуки та Пирятин (за Войтишиною Д. Й. та Грибом Й. В.)

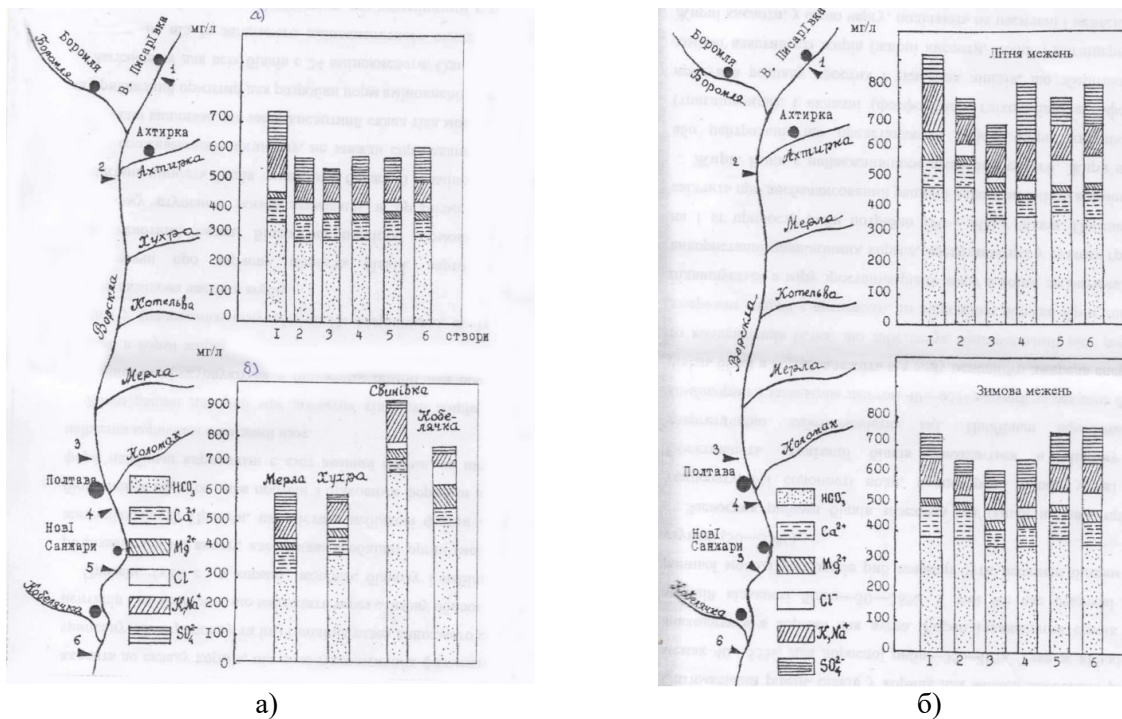


Рис. 2. Сольовий режим р. Ворскла за профілем в період водопілля (а) та межені (б) [1–3]

За всією річковою мережею країни мінералізація води річок змінюється від виток як еталонної характеристики до гирла зі складом головних іонів в залежності від фізичних характеристик і фізико-географічного районування – від гідрокарбонатно-кальцієвого до зниження мінералізації поверхневих вод у поліських районах до сульфатно-калієво-натрієвого у степових районах.

Щодо впливу солей на біологічну складову велике значення мають іони кальцію. За рибоводними нормативами іони кальцію мають біологічно активну дію, яка проявляється в формуванні буферності водного середовища та формування вітамінного комплексу. Це досягається внесенням 10-відсотковому розчину вапна або порошковим гашеним вапном за допомогою спеціальних фільтраційних патронів. Розрахований баланс внесення солей кальцію для внесення в середовище ставів [2; 3]. На розвиток вищої водної рослинності при фітомасі 200 кг на гектар водного дзеркала прийнято витратити 2,6 кг вапна щоденно. На побудову кісткової тканини риб, формування луски при щоденному прирості 5 г буде витрачено 1,5 кг вапна. Для зв'язування та їх видалення планується 7,5 кг вапна, крім того, при кормовому коефіцієнті 20 приймається необхідність внесення 7 кг вапна в день на формування карбонатної ємності води та величини рН. Для переведення ціанокобаламіну у вітамін B_{12} необхідне надходження 0,6 кг солей кальцію в день. Всього на гектар водного дзеркала витрата кальцію буде складати біля 12 кг на день.

Необхідно також врахувати, що іони калію відіграють значну роль у обмінних процесах клітин, а кальцій та магній є необхідними для формування жорсткості води і нейтралізації домішок. Зокрема за вмістом солей кальцію, магнію ми маємо воду жорстку, яка формується солями: гідрокарбонатами кальцію і магнію, мають постійну жорсткість води формуються за хлоридами сульфатами, а також загальна жорсткість, яка формується з карбонатною постійно. Також необхідно розраховувати жорсткість за наступними одиницями: 1 мг еквівалент жорсткості відповідає 28 мг/дм³ окису кальцію або за магнієм 20 мг/дм³, що відповідає 2.8 німецьким градусам. Розрізняють наступні градації жорсткості: м'яка 1.5 – 3.0 мг-екв/дм³; напівнапружена 3.6 мг-екв/дм³; тверда 6.9 мг-екв/дм³; дуже тверда 9.0 мг-екв/дм³. При жорсткості води до 2 мг-екв/дм³ кальцій і магній регулюють величини рН, а також використовуються для формування гідробіонтами кісток і луски риб та синтезу білка.

За профілем русла ми подаємо стовпчикові графіки за мінералізацією води р. Удай. Мінералізація тут зростає від 600 мг/дц³ до 1800 мг/дм³ після очисних споруд м. Пирятин. Подається також варіант колової діаграми морфометричних змін гідрохімічних характеристик за біологічними сполуками зокрема за фосфором та азотними сполуками, величиною органічного забруднення та органічними домішками. За допомогою колових діаграм можна подивитися, як міняється ситуація у річках залежно від сезону в періоди літньої і зимової межени. Також подаються зміни сольового стану приток і самої р. Ворскла: є різні величини, якими характеризується цей сольовий потік. Зокрема, в таких притоках, як Мерла, Хухра мінералізація води відповідає природному фону 600 мг/дм³, який формується за рахунок головних іонів. Є окремі притоки у досліджуваному басейні, які мають підвищену мінералізацію води [1].

Склад солей у формуванні мінералізації водного середовища має велике значення, оскільки вони беруть участь у добовій динаміці розчинності солей і регулюють наявність мікроелементів зокрема закисного заліза, кальцію, кобальту, магнію, а також беруть участь в стратифікації водного середовища. За питомою вагою відомо, що більш мінералізовані води в річковій мережі протікають в придонних шарах, а менш мінералізовані – у верхніх. Це також має велике значення у формуванні кисневого режиму, особливо в зимовий період, коли більш щільні води при температурі +4.0° С опускаються на дно, а менш нагріті води піднімаються до водної поверхні, формуючи крижаний покрив. Крім того, наявність солей заліза необхідне для фотосинтезу фітомаси вищих водних рослин, а іони кальцію беруть

Екологічний оптимум за радіусами:

1. Фосфор мінеральний – 0,05 мг/дм³. 2. Азот нітратний – 1,0 мг/дм. 3. Азот нітритний – 0,02 мг/дм. 4. БСК₅ 1,5 мг О₂/дм³. 5. БО – 8,0 мг О/дм³, 6,0 зависі – 10,0 мг/дм.

г) Формула Курлова визначає співвідношення аніонно-катіонного складу солей у воді р. Стир у системі виток – гирла (таблиця).

Відповідно склад солей змінюється залежно від фази гідрологічного режиму, однак співвідношення катіонів і аніонів у мг-еквівалентах = 100 одиниць.

Таблиця

Склад головних іонів води р. Стир за фазами гідрологічного режиму, в % мг-екв/дм³

	с. Понінка верхів'я, 210 км	сміт Зарічне гирло, 97 км
Зимова межінь	$M_{570} \frac{HCO_3^{79} SO_4^{14} Cl^7}{Ca_2^{79} Mg_2^{19} K + Na^{13}}$	$M_{550} \frac{HCO_3^{85} SO_4^8 Cl^7}{Ca_2^{76} Mg_2^{20} K + Na_4^2}$
Весняна повінь	$M_{541} \frac{HCO_3^{77} SO_4^{10} Cl^{13}}{Ca_2^{68} Mg_2^{19} K + Na^{13}}$	$M_{257} \frac{HCO_3^{67} SO_4 Cl^9}{Ca_2^{63} K + Na_2^{23} Mg^{14}}$
Літня межінь	$M_{476} \frac{HCO_3^{80} SO_4^{16} Cl^4}{Ca_2^{73} Mg_2^{19} K + Na^{16}}$	$M_{424} \frac{HCO_3^{81} SO_4^{13} Cl^6}{Ca_2^{70} Mg_2^{20} K + Na^{10}}$
Осіній паводок	$M_{513} \frac{HCO_3^{83} SO_4^{12} Cl^8}{Ca_2^{83} Mg_2^8 K + Na^7}$	$M_{480} \frac{HCO_3^{78} SO_4^{14} Cl^8}{Ca_2^{78} K + Na^{14} Mg_2^8}$

Примітка еквівалентні значення атомних ваг мінеральних солей:

Катіони: Cl^{2+} - 20,16; Mg^{2+} - 12,16; K^+ + Na^+ - 25,0;

Аніони: HCO_3^- - 60,0; Cl^- - 35,5; SO_4^{2-} - 48,0;

Формула Курлова:

$$Me = \sum Ka / \sum An = HCO_3 \times SO_4 \times Cl / Ca_2 \times Mg \times K \times Ne, \quad (1)$$

де $\sum Ka$ – еквівалентне значення катіонного складу солей; $\sum An$ – співвідношення аніокислотних солей; Ne – мінералізація (має змінне значення).

Обговорення отриманих результатів.

При аналізі формування складу солей у мінералізації води виділено такі моменти:

- вплив іонів кальцію і магнію на формування жорсткості води;
- вплив солей сульфатів і хлоридів на закислення води та її токсичність;
- вплив іонів кальцію на біоту водного середовища.

Сольвий склад мінеральних вод впливає на її жорсткість і можливість використання у промисловості, особливо у теплообмінних системах.

При жорсткості води до 2 мг-екв/дм³ вуглекислий газ з'єднується з іонами кальцію та магнію та стабілізує величину рН. При карбонатній жорсткості вільні іони важких металів міді, свинцю зв'язуються у комплекси, нейтралізуючи середовище. Можна стверджувати, що при величині жорсткості 2–6 одиниць гідрохімічний режим формується в оптимальних умовах.

Біологічна складова іонів кальцію та методи збалансування їх вмісту у воді.

Крім впливу на побудову кісткової тканини і луску риб, іони кальцію є невід'ємним елементом при виведенні іонів закисного заліза у осад та активації оксикобаламіну при синтезі білка. Схема активації засвоєння вітаміну В₁₂ (рис. 4).

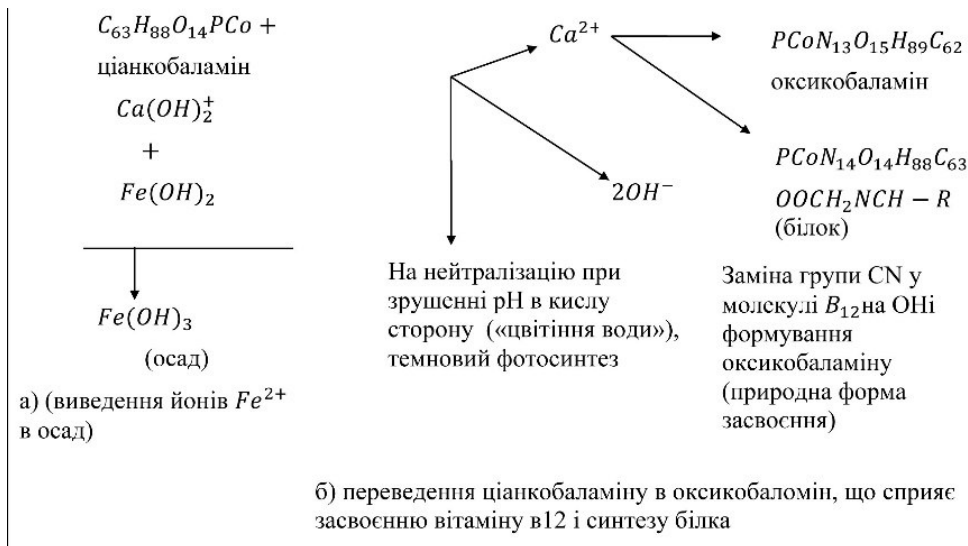


Рис. 4. Схема активації засвоєння вітаміну B_{12} для накопичення рослинних білків (за Грибом Й.В.)

Вивчався вплив солей на формування токсичності водного середовища. Концентрація солей, зокрема хлоридів та сульфатів, впливає на кислотність і токсичність водного середовища. Токсичність водного середовища можна розрахувати за формулою, запропонованою д.б.н. Грибом Й. В.

$$I_c = \left[\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{i0}} \right] : n \alpha_1 \alpha_2 \quad (2)$$

де C/C_{i0} – зміна концентрації солей у воді від витoku річки до гирла,

n – чисельність токсичних домішок,

α_1 – коефіцієнт самоочищення води від органічних домішок за величиною БСК5;

α_2 – коефіцієнт закислення водного середовища за вмістом хлоридів і сульфатів вирахований за їх співвідношенням у витоках річок до гирлових ділянок.

За матеріалами дослідження Гриба Й. В. розроблено карту динаміки сольового складу основної річкової мережі території України, яка показує динаміку сольового складу річок північної частини території, а також південної частини. Видно, що урбанізовані території значно впливають на сольовий склад, зокрема на мінералізацію за хлоридами сульфатами іони, а також підвищують вміст іонів кальцію та магнію за рахунок стічних вод. Показано також, як впливають стічні води на попадання мікроелементів, які перевищують концентрацію допустимих рівнів на один порядок. Це необхідно для того, щоб кальцій міг нейтралізувати токсичні домішки. Головними іонами сольового складу води для північних районів Полісся є кальцій, магній та гідрокарбонати. Переходячи до степової зони нижче урбанізованих територій, добавляються сульфати і хлориди.

Використання інформації щодо іонного складу мінералізації поверхневих вод дає можливість студентам аналізувати динаміку антропогенного навантаження за створами спостережень в гирлових ділянках, також вести оцінку екологічної ситуації за динамікою солей по території України. Зокрема, вміст солей по всіх створах спостереження формується вище другого-третього класу, особливо нижче «гарячих точок» забруднень. Необхідно відмітити, що це стосується до меженого періоду. У весняний період мінералізація значно знижується, і річки із сольовим складом належать до першого класу якості. У південних районах спостерігається вплив морської складової за солями калію, натрію, сульфатами і магнію, однак всі характерні впливи знаходяться нижче ГДК для рибогосподарських водойм. Внаслідок закислення атмосферних опадів при рН нижче 4,0 режим іонів кальцію

знаходиться під напругою, тому для нейтралізації кислих атмосферних опадів потрібне використання в рібних господарствах вапнування для підвищення вмісту іонів кальцію.

Висновки: 1. Графічне відтворення складу солей мінерального стоку річок можна подавати у вигляді стовпчикових діаграм, а також колових діаграм в порівнянні від витoku до гирла, а також приток. Формула Курлова подає стислу інформацію щодо співвідношення катіонів і аніонів мінерального складу солей поверхневих вод. Вона може бути використана для подання більш стислої інформації про динаміку складу солей в поверхневих водах. В південних регіонах України у водному середовищі річок переважають іони впливу морської складової – хлориди, сульфати, калій, натрій.

2. Узагальнення інформації щодо гідрохімічного режиму поверхневих вод у графічному відтворенні надає можливість оперативного використання її у практиці екологічних досліджень.

3. Формула Курлова подає стислу інформації щодо аніонно-катіонного складу солей у мінералізації води і може бути використана у курсових роботах студентів при аналізі динаміки сольового режиму в основні фази гідрологічного режиму за профілем русел.

4. Зміни складу солей і мінералізація води залежать від природних чинників (питомої ваги атмосферних опадів, підземного, ґрунтового та поверхневого стоку), а також від домішок антропогенного походження (прямого внесення, з стічними водами від споруд біологічного очищення комунальних стокових вод).

5. Використання гашеного вапна (іонів кальцію) у слабопротічних водних системах, особливо у рібоводних фермерських господарствах, вимагає постійного контролю і корекції вмісту кальцію.

6. Токсичність водного середовища особливо проявляється в слабомінералізованих водах при присутності іонів важких металів, а також у придонних шарах при зміні величини рН зниженні вмісту розчиненого кисню і підвищенні розчинності солей.

1. Гриб Й. В. Екологічна оцінка стану річкових басейнів рівнинної частини території України (охорона, відновлення управління). К : Рукопис, 2002. 405 с.
2. Відродження екосистем трансформованих басейнів річок та озер (рекомендації до розробки ОВНС) : монографія / Гриб Й. В., Клименко М. О. та інші. Рівне, 2012. 260 с.
3. Реабілітація порушених річкових та озерних систем (гідро екологія, іхтіологія, економіка управління) / за ред. Гриба Й. В. Вінниця, 2015. 424 с.
4. Войтишина Д. І. Розрахунок еколого-економічного потенціалу басейну р. Удай. *Вісник НУВГП* : зб. наук. праць. Сер. Економіка. Рівне : НУВГП, 2007. С. 9–17.
5. Коненко Г. Д. Гідрохімічна характеристика малих річок / праці Інституту гідробіології НАН України, 1952. № 26. 171 с.
6. Коненко Г. Д., Кузьменко М. Н. Гідрохімічні типи водозборів річок України. *Гідробіологічний журнал*. 1962. № 4. Том 8. С. 16.
7. Альокін О. А. Основи гідрохімії. Л. : Гідрометеоіздат, 1970. 444 с.
8. Моніторинг природокористування та стратегія реабілітації порушених річкових і озерних екосистем / Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В., Гуцул А. В., Мушит С. О., Войтишина Д. Й. Рівне – Вінниця : НУВГП, 2015. 486 с.