

УДК 556.535:556.06

ВПЛИВ ТРИВАЛОГО ДОНОРСЬКОГО ЗРОШУВАННЯ НА ЯКІСТЬ ПІДЗЕМНИХ ВОД У ПІВДЕННО-СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ Р. БАРАБОЙ, ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ)

Я. С. Яров

Н. С. Лобода, д-р геогр. наук

Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, slavikyarov82@gmail.com

У роботі представлені результати натурних досліджень хімічного складу та якості підземних вод (грунтових та артезіанських) в басейні річки Барабой, з 1967 року відбувається зрошування сільськогосподарських масивів за рахунок вод річки Дністер. Ці води подаються в мережу водосховищ і каналів Нижньодністровської зрошувальної системи. Фільтраційні втрати вод зі зрошувальних масивів і водогінно-каналізаційних мереж населених пунктів поповнюють запаси підземних (грунтових) вод, збільшуючи потрапляння в них розчинених речовин з товщ осадових гірських порід, що призводить до зростання концентрацій окремих інгредієнтів хімічного складу поверхневих і підземних вод в басейні р. Барабой. Показано, що ґрунтові води збагачені сполуками азоту, містять також високі концентрації хлоридів, сульфатів, кальцію та магнію. Мінералізація, токсичність та ступінь забруднення підземних вод зростають по довжині р. Барабой. Ґрунтові води, які потрапляють в русло р. Барабой, за своїм хімічним складом не задовольняють рибогосподарським вимогам, погіршуючи якість вод у водоймах, де ведеться рибництво. Артезіанські води, які використовуються для господарсько-питного водопостачання, визнані «посередньо, обмежено придатними, небажаної якості» по вмісту магнію. Окрім того, після 50 річної експлуатації у артезіанських водах знайдені сполуки азоту і фосфору, які у 60-ті роки минулого сторіччя не виявлялися. Зроблений висновок про негативний вплив тривалого донорського зрошування на якість підземних вод і необхідність додаткової обробки води артезіанських водоносних горизонтів сарматського ярусу, які використовуються для централізованого водопостачання.

Ключові слова: донорське зрошування, фільтрація, підземні води, показники якості води, ступінь забруднення.

1. ВСТУП

Одеська область знаходиться в агрокліматичній зоні Південного степу. Успішний розвиток сільського господарства в умовах посушливого клімату потребує зрошувального землеробства. Малі та середні річки області, розташовані у межиріччях Дунай-Дністер, Дністер-Південний Буг є маловодними і не здатними забезпечити водою потреби сільського господарства [1]. На початку ХХІ сторіччя ситуація погіршилася через регіональні зміни клімату, які призвели до зневоднення території Північно-Західного Причорномор'я. Нестача прісної води для цілей зрошування ще з 70-х років минулого сторіччя компенсується водами річок-донорів (Дунаю, Дністра). Для перекиду води великих річок на значні відстані була побудована велика кількість зрошувальних систем: Дунай-Дністровська; Белгород-Дністровська; Нижньодністровська; Троїцько-Граденицька та інші. Зрошування та пов'язане із ним різке зростання надходження води на водозбори малих та середніх річок викликає зміни ґрунтоутворюючих процесів, вод-

но-сольового режиму ґрунтів, природного режиму ґрунтових вод та їх хімічного складу [2]. Підняття рівня ґрунтових вод є загальною тенденцією для всіх зрошуваних масивів України [3]. Останнє є особливо важливим для сільських населених пунктів Одеської області, які традиційно розміщувалися у пониженнях рельєфу, близько до поверхні залягання ґрунтових вод. У товщі лесоподібних осадових гірських порід степової зони є великі запаси легкорозчинних солей, сульфатів і хлоридів натрію, магнію та кальцію. При обводненні ці солі можуть переходити у рухомий розчинений стан і надходити у водоносні горизонти. Зрошування також сприяє виносу значної частини азотистих з'єднань за межі діючого шару ґрунту. В умовах зрошування відбувається надходження дренажних вод із зрошуваних водою річки-донора масивів до ґрунтових і частково до артезіанських вод, що може суттєво вплинути на їх якість.

Метою роботи є виявлення наслідків впливу донорського зрошування на якість підземних вод річок Північно-Західного Причорномор'я

(на прикладі однієї з таких річок).

Об'єктом дослідження є водозбір річки Барабой, який знаходиться в умовах донорського зрошування водами р. Дністер.

Предметом дослідження є зміни якості підземних вод на водозборі р. Барабой в результаті багаторічного зрошування. Ця річка є складовою Нижньодністровської зрошувальної системи (НДЗС) на площі 38 тис га зрошуваних земель.

Задачі роботи полягають в аналізі та узагальненні результатів польових досліджень якості підземних вод (проведених працівниками ОДЕКУ) та оцінок установлення тенденцій змін якості підземних вод у минулому та у сучасності.

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Річка Барабой є малою річкою із площею водозбору 652 км², недостатньо вивченою у гідрологічному відношенні. За моделлю «клімат стік», розробленою в ОДЕКУ, були визначені характеристики природного (непорушеного господарською діяльністю) річного стоку [4]. В результаті розрахунків установлено, що норма річного природного стоку складає 7,6 мм. Ця цифра відповідає даним обласного управління технічною експлуатацією малих річок [3], згідно з якими значення річної норми природного стоку дорівнює 7,56 мм. За розрахунками побутового річного стоку виявлено, що внаслідок надходження зворотних вод із масивів, які зрошуються водами річки-донора (Дністра), середній багаторічний стік річки може збільшуватися на 20-50 % в залежності від відносної площі зрошування, яка суттєво змінювалася у різні роки. Для оцінки наслідків донорського зрошування задавалися різні значення відносних площ зрошування, які відповідали фактичним і змінювалися від 8 % до 23 % від загальної площі водозбору. Отже, хоч донорське зрошування позитивно впливає на кількісні характеристики стоку річки, воно впливає на хімічний склад та якість поверхневих та підземних вод.

Гідрохімічний режим р. Барабой слабо висвітлений у науковій літературі. У роботі [5] міститься опис басейну р. Барабой (станом на 1956 р.) та характеристики її режиму, визначені за річками-аналогами. Узагальнені гідрохімічні показники р. Барабой наведені в її паспорті за 1992 рік [6], який вже застарів і потребує оновлення. Окремі гідрохімічні і гідробіологічні показники Барабойського водосховища наведені у монографії Пилипенка Ю. В. [7].

Вода річки Дністер, яка використовується для

наповнення Санжейського та Барабойського водосховищ, побудованих в руслі річки, згідно літературних даних [2], відноситься до категорії низько мінералізованих, слабо лужних, і по відношенню одно- та двохвалентних катіонів визнана придатною для зрошування чорноземів. За даними роботи [8] на початку XXI сторіччя у період з березня по жовтень мінералізація р. Дністер змінювалася в межах 430-648 мг/дм³. У 2000 році виявлено збільшення мінералізації на 200-240 мг/дм³ у порівнянні із даними у 1952-1954 роках. Переважаючим катіоном є кальцій з концентрацією 46-70 мг/дм³. Переважаючим аніоном є гідрокарбонат, вміст якого в воді змінюється в інтервалі 195,2 – 275 мг/дм³. Дністровська вода вважається такою, яка не потребує поліпшення хімічного складу. Згідно із матеріалами роботи Шевченка Т. О. [9] мінералізація Барабойського водосховища, яке наповнюється водами Дністра, становить 501 мг/дм³, клас сульфатний, група Mg, тип II, а Санжейського водосховища – 1629 мг/дм³, клас сульфатний, група Na, тип II, відповідно. Якість води Санжейського водосховища не відповідає вимогам до іригаційних вод, згідно з якими мінералізація не повинна перевищувати 1000 мг/дм³.

Згідно із гідрохімічним картуванням річка Барабой належить до Дністровсько-Бузького гідрохімічного поля степової зони. Перші від поверхні водоносні горизонти знаходяться в четвертинних еолово-делювіальних відкладеннях (суглинки, леси, супіски) з мінералізацією 2068 мг/дм³ і є сульфатно-кальцієво-натрієвими. Підземні води сарматських відкладень (вапняки, піски) мають мінералізацію 1067 мг/дм³ і відносяться до хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатних змішаного катіонного складу [10].

За даними паспорта річки Барабой [6], верхні водоносні горизонти (верховодка) з глибиною залягання менше 10 м розташовані у алювіально-делювіальних четвертинних відкладеннях. Водомісними породами є лесоподібні суглинки та супіски. Нижче, на глибинах від 10 до 50 м, розташовуються ґрунтові води понтичних, неогенових і меотичних відкладень, які залягають в товщах пісків, вапняків, алевролітів. Живлення зазначених горизонтів відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, фільтрації з поверхневих водних об'єктів, перетоку з інших горизонтів. Розвантажуються такі водоносні горизонти в долину річки. Їх вода використовується для наповнення криниць для забезпечення господарсько-побутових потреб населення.

Для централізованого водопостачання використовуються артезіанські (напірні) води сар-

матських водоносних горизонтів, глибина залягання яких більше 50 м. Водовмісними породами є вапняки, піски. Область живлення таких водоносних горизонтів знаходиться у місцях виходу порід на денну поверхню. Водоносні горизонти в алювіально-делювіальних четвертинних відкладеннях вважаються незахищеними від забруднення, в понтичних, неогенових і мотичних відкладеннях – умовно захищеними і незахищеними. Напірні води в сарматських водоносних горизонтах приймаються захищеними від забруднення. Мінералізація підземних вод може коливатись у значних межах, досягаючи на значних глибинах 11 г/дм³. Сполуки нітритного і нітратного азоту виявлені в більшості водоносних горизонтів, окрім сарматського. Обсяги використання підземних вод в басейні р. Барабой для промислового і комунально-побутового водопостачання щорічно знижуються [6, 11]: в 1985 р. обсяг водозабору складав 1,431 млн. м³, в 1991 – 1,405 млн. м³, в 2012 р. – 0,73 млн. м³.

Оцінка якості вод р. Барабой в створі с. Барабой [15] на основі даних регулярного гідрохімічного моніторингу стану р. Барабой в створі с. Барабой, який виконувався спеціалістами Одеської гідрогеолого-меліоративної експедиції Одеського обласного управління водних ресурсів (ОГГМЕ ООУВР) за 2000-2010 рр., показала, що за рибогосподарськими показниками по методу комбінаторного індексу забруднення (КІЗ) за розглянутий період якість вод відповідала найгіршому IV класу якості («дуже брудна»), вода найбільше забруднена азотом нітритним і СПАР. Оцінка за методом індексу забруднення води (ІЗВ) показала, що за 2000–2010 рр. спостерігалось погіршення якості вод р. Барабой від III класу якості («помірно забруднена») до VI класу («дуже брудна»), що свідчить про порушення екологічних параметрів вод річки і характеризує її стан як «екологічний регрес». Дослідження зв'язків між окремими гідрохімічними показниками за допомогою кореляційного аналізу [15] дозволило виділити 19 статистично значущих залежностей (переважно - між головними іонами), які дають можливість використовувати їх в наукових розрахунках. Особливістю гідрохімічного режиму р. Барабой в сучасний період є значний вплив інтенсивної господарської діяльності, яка докорінно змінила природний режим водотоку. У [16] було встановлено, що в період з 2000 по 2010 рр. за даними моніторингу ОГГМЕ ООУВР вода р. Барабой належить до хлоридного класу, групи кальцію-магнію, III типу. За показником мінералізації, який зростав від 1707 мг/дм³ (2003 р.) до 3139 мг/дм³ (2010 р.)

води р. Барабой є «солонуватими». Екологічна оцінка якості вод р. Барабой [17] показала, що в 2000-2010 рр. за середніми значеннями гідрохімічних показників якість води річки відносились до перехідного стану в межах II – III класів якості (за станом «дуже добрі – задовільні», за чистотою «досить чисті – слабо забруднені»). Виявлено, що за максимальними значеннями показників з 2000 р. стан річки погіршився на 11 % і відповідав III класу якості (за станом «задовільні – посередні», за чистотою «слабо – помірно забруднені»), що наочно свідчить про тенденцію до погіршення екологічного стану р. Барабой в періоди, коли з природних і антропогенних причин відбувається забруднення води. В 2011–2015 рр. гідроекологічний стан р. Барабой зберіг тенденцію до погіршення [18].

Гідрохімічний режим і гідроекологічний стан р. Барабой та розташованих в межах її басейну штучних водойм досліджувався протягом 2009-2018 рр. спеціалістами кафедри гідроекології та водних досліджень ОДЕКУ в межах виконання низки НДР [11-13]. В [14] наводяться результати сезонних гідрохімічних зйомок у 2009–2010 рр., які були проведені в басейні р. Барабой на створеній мережі з 20 станцій та виконаний аналіз отриманих гідрохімічних показників.

Аналіз якості води у створених в басейні р. Барабой водосховищах за даними як ОГГМЕ ООУВР, так і ОДЕКУ за період з 2000 по 2017 рр. дозволив установити, що у Барабойському водосховищі якісний стан води кращий, ніж у Санжейському. Це зумовлено тим, що розташоване в нижній частині р. Барабой Санжейське водосховище приймає до себе усі забруднюючі речовини, які надходять з водозбору, а також є акумулятором дренажних технологічних скидів з I черги НДЗС [19]. Барабойське водосховище [20] має досить великі розміри (довжина 5,2 км, середня глибина 6,26 м, площа дзеркала 382 га, об'єм води 24 млн. м³) і наповнюється безпосередньо з р. Дністер. Якість води в ньому залежить від інтенсивності штучного водообміну. Санжейське водосховище [21] має незначні розміри (довжина 3,8 км, середня глибина 1,18 м, площа дзеркала 67 га, об'єм води 0,763 млн. м³), що обмежує можливості його самоочищення [22].

Оцінка якості вод у зазначених досліджуваних водосховищах, установлена за методом КІЗ [23] згідно з рибогосподарськими нормами ГДК, дозволила установити наступне. За даними ОГГМЕ ООУВР (за 2001–2013 рр.) рівень питомого забруднення ПКІЗ у Барабойському водосховищі склав 2,61 бали (III-а клас якості вод – «бруд-

на»); у Санжейському водосховищі ПКІЗ – 4,93 бали (IV-а клас якості вод – «дуже брудна»). За даними ОДЕКУ (період 2009-2017 рр.) в цілому для Барабойського водосховища рівень питомого забруднення ПКІЗ становив 3,52 бали (III-б клас якості вод – «брудна»); у Санжейському водосховищі ПКІЗ – 5,56 балів (IV-б клас якості вод – «дуже брудна»). Речовинами ЛОЗ, які найбільше забруднювали воду, виявились азот нітритний у Барабойському водосховищі, азот нітритний і азот амонійний – у Санжейському. Якість води у Санжейському водосховищі гірша за якість води у Барабойському водосховищі в 1,9 разів за даними ОГГМЕ ООУВР і в 1,6 разів – за даними ОДЕКУ. Однією з причин погіршення якості вод у Санжейському водосховищі є розвантаження високомінералізованих підземних вод, значна частина яких формується в результаті донорського зрошування.

3. ОПИС ОБ'ЄКТА

НДЗС розпочала свою роботу у другій половині ХХ ст. (з 1967 р. – I черга, з 1984 р. – II черга [19]) для зрошування сільськогосподарських земель Овідіопольського та Біляївського районів Одеської області. Зрошуються, головним чином, зернові, овочеві, кормові культури. Дністровська вода подається на поля головною насосною станцією (ГНС), розташованою у селі Маяки. В системі працює низка насосних станцій для підкачування води (НСП) [2]. Зрошувальна система складається з бетонних і залізобетонних каналів внутрішньогосподарських закритих трубопроводів і лоткових каналів. На міжгосподарських каналах реалізується міжб'єфне каскадне регулювання витрат та рівнів води за допомогою автоматичних регулюючих засобів гідравлічної та електричної дії. На річці створені два водосховища, які наповнюються водами Дністра: Барабойське та Санжейське [24]. Водозабір з Дністра відбувається існуючою ГНС (головною насосною станцією) вода подається у Барабойське водосховище. З Барабойського водосховища вода накачується насосною станцією у канал МК-2 і далі у розподільну мережу II черги НДЗС. Передбачена автоматизація розподілу води з регулюванням б'єфів магістрального каналу та акумуляцією аварійно-скидних вод для повторного використання. Також передбачено скидання вод з системи в Санжейське водосховище, з якого (за умови регулярних промивок) також здійснюється забір води на зрошування [2, 19]. Режим водогосподарського використання Барабойського та Санжейського водосховищ

викладені у відповідних нормативних виданнях [25, 26].

Моніторинг якості води в басейні р. Барабой здійснюють: ОГГМЕ ООУВР (ГНС р. Дністер-с. Маяки; Барабойське і Санжейське водосховища; р. Барабой – с. Барабой), Біляївською та Овідіопольською районними санітарно-епідеміологічними станціями. Дані спостережень друкуються у відомчих щорічних звітах.

4. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження гідрохімічних показників підземних (грунтових) вод в басейні р. Барабой здійснювалось співробітниками ОДЕКУ у 2010 – 2018 рр. у місцях розвантаження ґрунтових вод на берегах водойм та водотоків (джерела). Для аналізу їх якості було обрано 4 станції: джерела біля селищ Миколаївка (1), Петродолинське (2), Новоградівка (3), правий берег Санжейського водосховища (4), (рис. 1, табл. 1). Роботи проводились за загальноприйнятими методиками польових і лабораторних досліджень [27, 28]. Отримані результати по станціям наведені в табл. 2.

Оцінка якості ґрунтових вод виконувалась по методу комбінаторного індексу забруднення [23] за рибогосподарськими нормами ГДК (тому, що ґрунтові води приймають участь у наповненні водойм, де ведеться рибництво, яке відноситься до провідних користувачів водних ресурсів р. Барабой протягом усього року, на відміну від сезонності використання вод для зрошування). Метод КІЗ дозволяє класифікувати якість води за гідрохімічними показниками, виділити пріоритетні забруднювальні речовини на основі класифікацій: за ознаками повторюваності випадків забруднення; за кратністю перевищення нормативів ГДК; за характером забрудненості води окремими хімічними речовинами. По кожній речовині обчислюються узагальнені оцінні бали (S_i), сума яких відповідає показнику КІЗ (комбінаторний індекс забрудненості). Показники, для яких бал $S_i \geq 11$, відносять до лімітуючих ознак забруднення (ЛОЗ), які є найбільшими забруднювальними речовинами, погіршують якість води до категорії «неприпустимо брудна». За питомим комбінаторним індексом забруднення (ПКІЗ) встановлюється клас якості води.

Також в даній роботі здійснювалась оцінка придатності напірних (артезіанських) вод для господарсько-питного використання на прикладі артезіанської свердловини № 2097, розташованої в межах с. Барабой, на базі літературних та натурних даних, за нормативними методиками, наведеними в [29, 30].

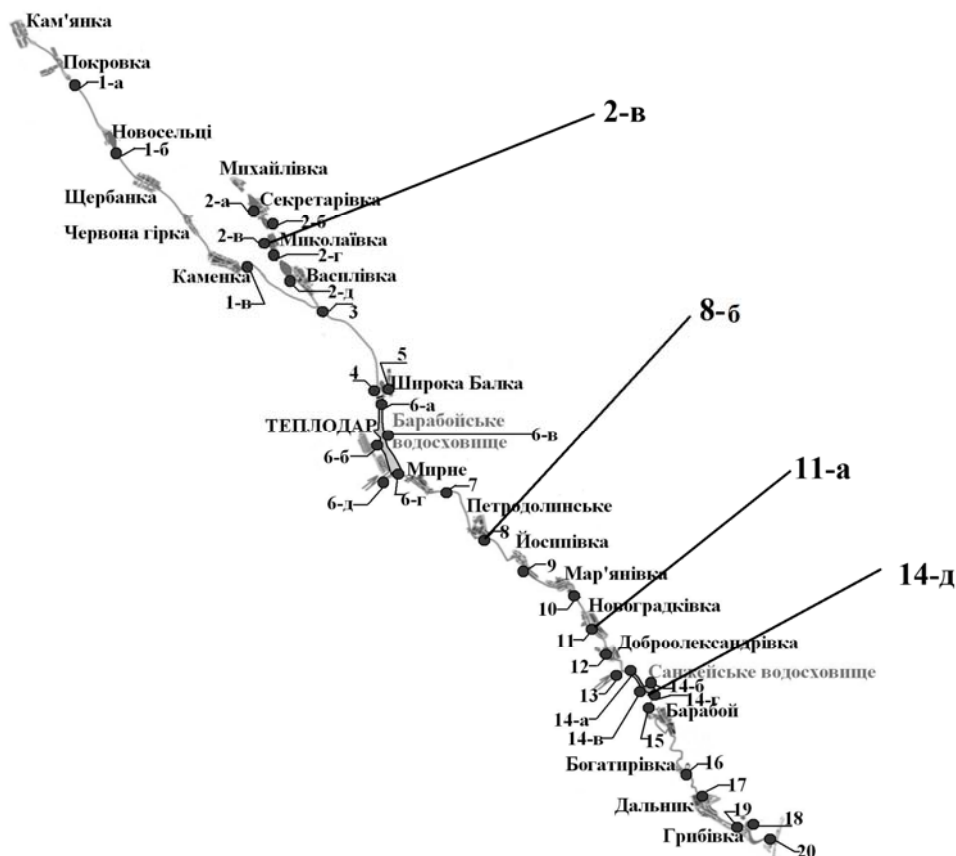


Рис. 1 – Розташування станцій відборів проб у місцях виходу ґрунтових вод в басейні р. Барабой

Таблиця 1 – Характеристики станцій спостережень за якістю ґрунтових вод в басейні р. Барабой

№ станції	Найменування	Місце розташування	Координати GPS (система WGS 84)	
			Широта	Довгота
2-в	Балка Ставкова, селище Миколаївка, джерело ґрунтових вод в ставок №3	Правий берег ставка навпроти селища Миколаївка	46°38'49,4"	30°17'2,9"
8-б	Гирло балки без назви, правого притоку річки Барабой в межах селища Петродолинське	0,7 км на захід від центру селища Петродолинське	46°25'81"	30°23'55"
11-а	Джерело ґрунтових вод біля селища Новоградівка	0,38 км на південний захід від центру селища Новоградівка, джерело ґрунтових вод, правий берег річки Барабой	46°21'42"	30°28'54"
14-д	Джерело ґрунтових вод на березі Санжейського водосховища	Правий берег водосховища, 0,18 км на південний захід від переїзду	46°18'53"	30°29'95"

5. ОПИС І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

В результаті аналізу отриманих гідрохімічних даних (табл. 2) по станціям було встановлено, що ґрунтові води, які розвантажуються вздовж р. Барабой, мають неоднорідні гідрохімічні показники. Матеріали досліджень подані у вигляді

дробу: в чисельнику – середньоарифметичне значення показника, в знаменнику – мінімальне і максимальне значення. Ґрунтові води протягом року мають велику прозорість (більше 42 см), без кольору, за показником рН - нейтральної чи слабо лужної реакції. Висока змінність значень окисно-відновного потенціалу еН і органолепти-

Таблиця 2 – Гідрохімічні показники ґрунтових вод в басейні р. Барабой (2010 – 2018 рр., дані ОДЕКУ)

Показник	Ґрунтові води в ставок біля с. Миколаївка	Ґрунтові води в с. Петродолинське	Ґрунтові води в с. Новоградівка	Ґрунтові води в Санжейське водосховище
Т. °С	<u>9,60</u> 8,10-12,9	<u>2,88</u> 0-5,42	<u>8,52</u> 3,12-10,6	<u>6,83</u> 4,30-14,1
Прозорість, см	>42	>42	>42	>42
Колір, шкала	без кольору	без кольору	без кольору	без кольору
Кольоровість, °	<u>26</u> 0-100	<u>27</u> 10-44	<u>21</u> 0-40	<u>41</u> 22-60
pH	<u>7,65</u> 6,83-8,20	<u>7,97</u> 7,45-8,64	<u>7,52</u> 7,30-7,76	<u>7,64</u> 7,44-8,08
eН, мВ	<u>-16,8</u> -79,0...+48,0	<u>-20,8</u> -152...+130	<u>-0,60</u> -136...+131	<u>26,6</u> -64...+145
Запах, бали	0-3	0-5	0-5	0-2
Смак, бали	1-3	1-5	1-4	1-5
Пінистість	-	-	-	-
Загнивання	-	-	-	-
Стабільність, %	>80	>80	>80	>80
Сухий залишок, г/дм ³	<u>7,12</u> 5,70-13,3	<u>4,60</u> 1,70-6,30	<u>5,30</u> 2,50-6,00	<u>9,50</u> 5,15-10,9
Прожарений залишок, г/дм ³	<u>5,49</u> 4,16-9,49	<u>3,90</u> 1,40-5,50	<u>4,50</u> 2,20-5,10	<u>7,60</u> 4,40-9,40
Валовий вміст органіки у воді, %	<u>21,9</u> 14,4-34,2	<u>15,6</u> 12,3-22,0	<u>14,2</u> 10,6-19,8	<u>19,4</u> 11,4-35,5
Загальна твердість, мг-екв/дм ³	<u>39,4</u> 15,6-98,6	<u>41,4</u> 18,7-58,5	<u>34,0</u> 19,9-51,5	<u>53,3</u> 28,4-86,8
Ca ²⁺ , мг/дм ³	<u>262</u> 160-387	<u>351</u> 63,1-904	<u>394</u> 83,2-431	<u>517</u> 131-927
Mg ²⁺ , мг/дм ³	<u>326</u> 92,4-964	<u>267</u> 127-423	<u>208</u> 38,8-374	<u>309</u> 98,5-630
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	<u>421</u> 163-679	<u>165</u> 21-308	<u>566</u> 469-662	<u>750</u> 691-808
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	<u>281</u> 235-366	<u>362</u> 168-735	<u>312</u> 122-531	<u>396</u> 168-882
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	<u>642</u> 33,0-2185	<u>417</u> 17,2-1350	<u>444</u> 21,8-1398	<u>763</u> 168-2231
Cl ⁻ , мг/дм ³	<u>441</u> 320-709	<u>727</u> 603-895	<u>848</u> 488-1010	<u>1667</u> 1097-2260
NO ₂ ⁻ , мгN/дм ³	<u>0,50</u> 0,0-2,80	<u>0,097</u> 0,0-0,31	<u>0,074</u> 0,0-0,16	<u>1,91</u> 0,022-12,9
NO ₃ ⁻ , мгN/дм ³	<u>10,1</u> 2,80-35,3	<u>6,20</u> 0,08-30,1	<u>18,4</u> 0,38-82,3	<u>18,9</u> 0,42-82,3
NH ₄ ⁺ , мгN/дм ³	<u>21,8</u> 0,10-68,7	<u>16,5</u> 0,0-64,0	<u>18,7</u> 0,0-62,2	<u>25,7</u> 0,0-94,1
PO ₄ ³⁻ , мгP/дм ³	<u>0,05</u> 0,0-0,11	<u>0,063</u> 0,0-0,19	<u>0,063</u> 0,0-0,275	<u>0,164</u> 0,0-0,96
БСК ₅ мгО/дм ³	<u>5,90</u> 1,00-28,3	<u>3,30</u> 0,0-9,20	<u>4,40</u> 1,10-7,60	<u>4,00</u> 0,0-9,38
Сапрофітні бактерії, тис кл/см ³	<u>3,13</u> 0,797-10,4	<u>1,06</u> 0,41-1,52	<u>0,93</u> 0,315-1,70	<u>0,66</u> 0,265-1,20
Хронічна токсичність, %	<u>12,6</u> 3,6-44,8	<u>46,3</u> 1,00-112	<u>57,1</u> 8,00-284	<u>102</u> 20,1-302
Гостра токсичність, I	<u>0,67</u> 0,0-1,96	<u>0,42</u> 0,05-0,68	<u>0,34</u> 0,0-0,88	<u>0,59</u> 0,0-0,83

чних показників (запах, смак) вказує на різний механізм перебігу фізико-хімічних процесів формування складу і властивостей таких вод протягом року. Вмісту речовин СПАР (передусім, сапоніну) за показником «пінистість» в усіх джерелах виходу ґрунтових вод не виявлено. Рівень вмісту органічних речовин, які схильні до легкого розкладу з утворенням сірководню, згідно показників «загнивання» та «стабільність» визнаний допустимим.

Мінералізація ґрунтових вод по всіх станціях дослідження була дуже високою (сухий залишок за середніми значеннями складав від $4,6 \text{ г/дм}^3$ до $9,5 \text{ г/дм}^3$). Різниця між сухим і прожареним залишком дає уявлення про валовий вміст у ґрунтових водах розчинених органічних речовин, переважно сполук гумусового типу.

В ґрунтових водах по окремих станціях вміст органіки змінювався за середніми значеннями від 14,2 % до 21,9 %. Концентрації головних іонів у ґрунтових водах вздовж р. Барабой демонструють злагожену тенденцію зростання. Виражене збільшення по середнім значенням характерне для хлорид-іону (з 441 мг/дм^3 до 1667 мг/дм^3), решта показників зростає, в проміжних станціях – біля с. Петродолинське і Новоградівка окремі концентрації мають тенденцію до «просідання» внаслідок посилення живлення водоносних горизонтів ґрунтових вод більш прісними водами р. Дністер, що подаються на зрошувальні масиви.

Вміст в ґрунтових водах р. Барабой біогенних речовин, а саме сполук азоту і фосфору, досить різко змінюється. По мінімальним показникам для більшості станцій фіксується аналітичний нуль, по максимальним значенням виявлені високі концентрації, що особливо виражене для азоту амонійного. В цілому, мінімальним є вміст фосфатів (від $0,05 \text{ мг/дм}^3$ до $0,164 \text{ мг/дм}^3$ по середнім значенням). Більше всього в ґрунтових водах азоту амонійного (від $16,5 \text{ мг/дм}^3$ до $25,7 \text{ мг/дм}^3$). Переважання азоту амонійного над іншими сполуками азоту свідчить про погіршення санітарного стану ґрунтових вод в басейні річки Барабой через їх забруднення. В усіх випадках, а особливо для нітратного азоту і фосфатів, вираженою є тенденція до зростання їх концентрацій вздовж течії р. Барабой. Забрудненість ґрунтових вод в басейні р. Барабой органічними речовинами за показником БСК₅ досить висока і по середнім значенням показника зменшується по довжині річки з $5,9 \text{ мгО/дм}^3$ в джерелі біля с. Миколаївка до 4 мгО/дм^3 в джерелі на березі Санжейського водосховища.

Важливим аспектом вивчення ґрунтових вод в басейні р. Барабой є дослідження їх бактеріальної забрудненості і токсичності. В [2] містяться подібні дослідження щодо поверхневих вод, які є джерелом зрошування в Одеській області, там же зазначено, що дослідження такого спрямування є досить актуальними і перспективними. Аналіз отриманих нами даних показав, що вміст сапрофітних бактерій, які є показниками забрудненості вод, по середнім значенням вздовж течії знижувався від $3,13 \text{ тис кл/см}^3$ в джерелі біля с. Миколаївка до $0,66 \text{ тис кл/см}^3$ в джерелі біля Санжейського водосховища. Високий вміст сапрофітних бактерій в ґрунтових водах р. Барабой і їх велика сезонна динаміка є індикатором свіжого антропогенного забруднення і пояснюється високим рівнем забрудненості цих вод біогенними сполуками і органічними речовинами, в мінералізації яких беруть участь сапрофітні мікроорганізми, відігравуючи роль «екосистемних санітарів».

Проведені дослідження на фітотоксичність ґрунтових вод дали змогу отримати, що хронічна токсичність для кожного джерела в окремі сезони по екстремальним значенням змінюється від рівня «нетоксична» (всі станції) до рівня «вельми токсична» (джерела біля с. Петродолинське, с. Новоградівка, Санжейського водосховища). За середніми значеннями показника хронічної токсичності можна зробити висновок про зростання ступеня токсичності ґрунтових вод вздовж течії р. Барабой з рівня «нетоксична» (12,6 % в джерелі біля с. Миколаївка) до рівня «вельми токсична» (102 % в джерелі біля Санжейського водосховища). Таким чином, при тривалому контакті з живою істотою ґрунтові води в басейні р. Барабой є в більшості випадків токсичними і становлять певну небезпеку при їх використанні. Гостра токсичність, яка характеризує вплив води на живу істоту при нетривалому контакті, в усіх станціях вивчення ґрунтових вод по середнім значенням показників свідчить про «середній ступінь» забрудненості таких вод (показник гострої токсичності I змінювався від 0,3 до 0,67). Сезонна динаміка показника I висока: по мінімальним значенням в окремі сезони в більшості станцій гостра токсичність ґрунтових вод може бути «відсутня» і не виявляється (показник $I < 0,1$), по максимальним значенням в усіх станціях виявлений «сильний ступінь» забруднення (показник $I > 0,71$).

Оцінка результатів забрудненості ґрунтових надавалася на базі використання рибогосподарської ГДК, оскільки р. Барабой та її водойми

широко використовуються для потреб рибицтва. Результати оцінки якості ґрунтових вод в басейні р. Барабой за методом КІЗ в період з 2010 по 2018 рр. наведені в табл. 3-4.

Аналіз отриманих даних показав, що для всіх станцій з 11 гідрохімічних показників для 10 відзначаються випадки перевищень ГДК різної кратності, тому всюди показник комплексності забруднення K становив 91 %.

Рівень забруднення всіх джерел ґрунтових вод відповідав IV класу якості вод («дуже брудна»), в найгіршому стані знаходиться джерело

біля Санжейського водосховища (показник ПКІЗ склав 8,1 бали), в кращому стані знаходиться джерело біля с. Петродолинське (ПКІЗ склав 6,18 балів). На усіх станціях найнижчий рівень забруднення устанавлений по фосфатам.

Речовинами ЛОЗ, які найбільше забруднюють ґрунтові води, в усіх випадках були азот нітритний і амонійний, за якими фіксується «характерна забрудненість високого і дуже високого рівня», а якість води оцінюється як «неприпустимо брудна».

Таблиця 3 – Статистично узагальнена оцінка якості ґрунтових вод в басейні р. Барабой (рибогосподарські норми ГДК) по методу КІЗ за даними ОДЕКУ у 2010-2018 рр.

Ґрунтові води, які розвантажуються в ставок біля с. Миколаївка											
$n = 11, n' = 10, K = 90,9\%, KІЗ = \sum S_i = 78$ балів, $ПКІЗ = \sum S_i/n = 7,1$ балів; клас якості - IV в) – «дуже брудна»											
Показник	БСК ₅	[$\sum M$]	[NO ₂ ⁻]	[NO ₃ ⁻]	[NH ₄]	[P _{min}]	[Ca ²⁺]	[Mg ²⁺]	[Na ⁺ +K ⁺]	[SO ₄ ²⁻]	[Cl ⁻]
ГДК (мг/дм ³)	2,25	1000	0,02	9,1	0,39	1	180	40	170	100	300
N _i	8	8	7	7	7	6	6	6	2	4	4
N _{ГДК}	5	8	6	2	6	0	3	6	1	2	4
H _i =100*N _{ГДК} /N _i ,%	62,5	100	85,7	28,6	85,7	0	50	100	50	50	100
Оцінний бал	4	4	4	2	4	1	3	4	3	3	4
K _i =C _i /C _{ГДК}	2,6	7,13	234	1,1	55,8	0,05	1,46	8,14	2,47	6,4	1,47
Оцінний бал	2	2	4	1	4	1	1	2	2	2	1
Узаг. бал S _i	8	8	16	2	16	1	3	8	6	6	4
Ґрунтові води в с. Петродолинське											
$n = 11, n' = 10, K = 90,9\%, KІЗ = \sum S_i = 68$ балів, $ПКІЗ = \sum S_i/n = 6,18$ балів; клас якості - IV б) – «дуже брудна»											
Показник	БСК ₅	[$\sum M$]	[NO ₂ ⁻]	[NO ₃ ⁻]	[NH ₄]	[P _{min}]	[Ca ²⁺]	[Mg ²⁺]	[Na ⁺ +K ⁺]	[SO ₄ ²⁻]	[Cl ⁻]
N _i	7	7	7	7	7	7	7	7	2	4	4
N _{ГДК}	4	7	6	1	6	0	4	7	1	2	4
H _i =100*N _{ГДК} /N _i ,%	57,1	100	85,7	14,3	87,5	0	57,1	100	50	50	100
Оцінний бал	4	4	4	2	4	1	4	4	3	3	4
K _i =C _i /C _{ГДК}	1,45	4,61	48,7	0,68	42,3	0,06	1,95	6,68	0,96	4,2	2,42
Оцінний бал	1	2	3	1	3	1	1	2	1	2	2
Узаг. бал S _i	4	8	12	2	12	1	4	8	3	6	8
Ґрунтові води в с. Новоградівка											
$n = 11, n' = 10, K = 90,9\%, KІЗ = \sum S_i = 77$ балів, $ПКІЗ = \sum S_i/n = 7$ балів; клас якості вод - IV в) – «дуже брудна»											
Показник	БСК ₅	[$\sum M$]	[NO ₂ ⁻]	[NO ₃ ⁻]	[NH ₄]	[P _{min}]	[Ca ²⁺]	[Mg ²⁺]	[Na ⁺ +K ⁺]	[SO ₄ ²⁻]	[Cl ⁻]
N _i	7	7	7	7	7	7	7	7	2	4	4
N _{ГДК}	6	7	6	3	6	0	6	6	2	2	4
H _i =100*N _{ГДК} /N _i ,%	85,7	100	85,7	42,8	85,7	0	85,7	85,7	100	50	100
Оцінний бал	4	4	4	3	4	1	4	4	4	3	4
K _i =C _i /C _{ГДК}	1,97	5,29	37	2,02	47,9	0,06	1,6	5,2	3,3	4,4	2,8
Оцінний бал	1	2	3	2	3	1	1	2	2	2	2
Узаг. бал S _i	4	8	12	6	12	1	4	8	8	6	8
Ґрунтові води, які розвантажуються в Санжейське водосховище											
$n = 11, n' = 10, K = 90,9\%, KІЗ = \sum S_i = 89$ балів, $ПКІЗ = \sum S_i/n = 8,1$ балів; клас якості - IV г) – «дуже брудна»											
Показник	БСК ₅	[$\sum M$]	[NO ₂ ⁻]	[NO ₃ ⁻]	[NH ₄]	[P _{min}]	[Ca ²⁺]	[Mg ²⁺]	[Na ⁺ +K ⁺]	[SO ₄ ²⁻]	[Cl ⁻]
N _i	8	8	7	7	7	7	7	7	2	4	4
N _{ГДК}	6	8	7	2	5	0	6	7	2	3	4
H _i =100*N _{ГДК} /N _i ,%	75	100	100	28,5	71,4	0	85,7	100	100	75	100
Оцінний бал	4	4	4	2	4	1	4	4	4	4	4
K _i =C _i /C _{ГДК}	1,72	9,5	954	2,1	65,8	0,16	2,87	7,73	4,4	7,6	5,6
Оцінний бал	1	2	4	2	4	1	2	2	2	2	2
Узаг. бал S _i	4	8	16	4	16	1	8	8	9	8	8

Таблиця 4 – Зведені результати оцінки якості ґрунтових вод в басейні р. Барабой (рибогосподарські норми ГДК) по методу КІЗ за даними ОДЕКУ у 2010-2018 рр.

n	n'	K, %	КІЗ	ПКІЗ	Клас якості	ЛОЗ
Ґрунтові води, які розвантажуються в ставок біля с. Миколаївка						
11	10	90,9	78	7,1	IV в - дуже брудна	Азот нітритний та амонійний
Ґрунтові води в с. Петродолинське						
11	10	90,9	68	6,18	IV б - дуже брудна	Азот нітритний та амонійний
Ґрунтові води в с. Новоградівка						
11	10	90,9	77	7,0	IV в - дуже брудна	Азот нітритний та амонійний
Ґрунтові воді, які розвантажуються в Санжейське водосховище						
11	10	90,9	89	8,1	IV г - дуже брудна	Азот нітритний та амонійний

Середньозважена кратність перевищення ГДК по азоту нітритному коливалась від 37 ГДК (джерело біля с. Новоградівка) до 954 ГДК (джерело біля Санжейського водосховища); по азоту амонійному кратність перевищень ГДК змінювалась від 42,3 ГДК (джерело біля с. Петродолинське) до 65,8 ГДК (джерело біля Санжейського водосховища). Досить високим був рівень забруднення, визначений по головним іонам і мінералізації.

Вплив донорського зрошування за рахунок р. Дністер на гідрохімічні показники джерел ґрунтових вод в межах басейну р. Барабой та поверхневих водних об'єктів добре можна простежити за табл. 5. Так, за багаторічними даними води річки Дністер (с. Маяки) відносяться до гідрокарбонатного класу, групи кальцію, II типу і мають

мінералізацію 0,464 г/дм³. Води Барабойського водосховища, яке напряму наповнюється з р. Дністер (ГНС с. Маяки) мають дещо більшу мінералізацію (0,554 г/дм³), але вже відносяться до сульфатного класу, групи магнію, II типу. Води Санжейського водосховища і нижньої частини р. Барабой відносяться до сульфатного класу, групи натрію, II типу і мають в 4 рази більшу мінералізацію (2,17 г/дм³ і 2,42 г/дм³) порівняно з водами р. Дністер.

Зростання мінералізації вод Барабойського і Санжейського водосховищ і р. Барабой в нижній течії пояснюються поступовим накопиченням в руслі р. Барабой високо мінералізованих ґрунтових вод «місцевого притоку».

Таблиця 5 – Середні концентрації головних іонів у ґрунтових водах (2010-2018 рр., дані ОДЕКУ) та в інших водних об'єктах (2000-2017 рр., дані ОГГМЕ ООУВР), класифікація за критеріями іонного складу та мінералізація вод (г/дм³)

Водний об'єкт	Концентрації головних іонів, мг-екв/дм ³						Класифікація за критеріями іонного складу			Мінералізація, г/дм ³
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl	Клас	Група	Тип	
Ґрунтові води, с. Миколаївка	10,0	12,0	8,00	4,60	12,4	13,4	S	Mg	III	5,49
Ґрунтові води, с. Петродолинське	15,0	13,0	7,17	5,93	20,5	8,68	Cl	Ca	III	3,90
Ґрунтові води, с. Новоградівка	15,0	13,0	10,0	5,11	23,9	9,24	Cl	Ca	III	4,50
Ґрунтові води, Санжейське водосховище	25,8	25,4	18,0	6,49	47,0	15,9	Cl	Ca	III	7,60
р. Дністер - с. Маяки	3,06	2,04	1,00	3,20	1,11	2,17	C	Ca	II	0,464
Барабойське водосховище	2,75	3,22	2,00	2,41	1,67	4,00	S	Mg	II	0,554
Санжейське водосховище	9,28	10,0	14,0	3,83	10,6	18,9	S	Na	II	2,17
р. Барабой - с. Барабой	10,6	11,2	16,5	4,30	12,3	21,0	S	Na	II	2,42

Таблиця 6 – Середні показники кратності перевищень ГДК (риб-госп) по сполукам азоту і фосфору в ґрунтових водах в басейні р. Барабой (2010-2018 рр., дані ОДЕКУ)

Показник	[NO ₂ ⁻]	[NO ₃ ⁻]	[NH ₄]	[P _{min}]
ГДК (мг/дм ³)	0,02	9,1	0,39	1
Ґрунтові води, с. Миколаївка	234	1,10	55,8	0,05
Ґрунтові води, с. Петродолинське	48,7	0,68	42,3	0,06
Ґрунтові води, с. Новоградівка	37,0	2,02	47,9	0,06
Ґрунтові води, Санжейське водосховище	954	2,10	65,8	0,16

Аналіз іонного складу ґрунтових джерел в басейні р. Барабой показує, що в зонах розташування зрошувальних масивів НДЗС (джерела біля с. Петродолинське, с. Новоградівка, Санжейського водосховища) ґрунтові води відносяться до хлоридного класу, групи кальцію, III типу і збільшують свою мінералізацію з 3,9 до 4,5 г/дм³ порівняно з територіями поза межами впливу зрошувальних масивів (джерело біля с. Миколаївка за іонним складом відноситься до сульфатного класу, групи магнію, III типу, має мінералізацію 5,49 г/дм³).

Оцінка рівня біогенного забруднення джерел ґрунтових вод в басейні р. Барабой (табл. 6) у вигляді середньо багаторічних коефіцієнтів кратності перевищень рибогосподарських норм ГДК показала, що вздовж течії р. Барабой зазначені коефіцієнти в усіх випадках мають тенденцію до збільшення. За вмістом фосфатів перевищень ГДК не виявляється. За сполуками азоту тенденція до збільшення рівня забрудненості вздовж течії р. Барабой порушується в джерелах біля с. Петродолинське і с. Новоградівка, які зазнають впливу підпору вод з Барабойського водосховища і масивів I черги НДЗС.

Вплив антропогенного забруднення, насамперед зворотних вод з сільськогосподарських масивів, на якість артезіанських вод розглядався на прикладі свердловини № 2097, розташованої на околиці с. Барабой на лівому березі однойменної річки.

За даними паспорту [31], зазначена свердловина була пробурена в червні 1965 р. на глибину 94 м у верхньо-сарматський водоносний горизонт. Протягом багатьох десятиліть вода свердловини постійно використовується громадою села Барабой для задоволення господарсько-питних потреб. Візуально стан об'єкта є задовільним, санітарна зона огорожена і в цілому зберігається. Моніторинг режиму і якості артезіанських вод в верхньо-сарматському горизонті

проводиться ще на 2 свердловинах (с. Василівка, с. Доброолександрівка) з 1986 р.

За даними спостережень [6], вода досліджуваного горизонту є хлоридно-гідрокарбонатно-натрієвою, мінералізація змінюється у межах 0,4 - 1,3 г/дм³, виявлені сліди нітратів, нітритів, загальна твердість становить 3,8 мг-екв/дм³, рН дорівнює 7,7. Горизонт вважається захищеним від забруднення.

Порівняння даних про характеристики хімічного складу артезіанської води, наведених у паспорті річки Барабой, паспорті свердловини та отриманих нами (табл. 7) показало їх добру узгодженість за більшістю показників.

Вода є нейтральною за показником рН, прозорою, без сторонніх смаків і запаху. Однак, у ній було виявлено зменшення вмісту сульфатів, з'явилися сполуки азоту і фосфати, які раніше не спостерігались, що може бути обумовлене антропогенним впливом.

Аналіз відповідності артезіанської води досліджуваної свердловини господарсько-питним вимогам ДСанПіН 2.2.4.-171-10 [29] показав, що за санітарно-хімічними показниками вода відповідає умовам нормативного документу, але за епідеміологічними (колі форми) вимогами – не відповідає (табл. 8). З погляду фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води (табл. 9) у артезіанській воді свердловини в с. Барабой є відхилення по натрію і калію і по мінералізації. Вживання такої води без обробки загрожує споживачам гіпертензією, а також сечокам'яною хворобою та порушення стану водно-сольового обміну людини [32].

Для установлення придатності досліджуваної води для централізованого питного водопостачання було проаналізовано відповідність гідрохімічних показників артезіанської води у свердловині с. Барабой вимогам [30] (табл. 10). Виявлено, що майже по всім показникам переважає I клас якості води (тобто, «відмінна, бажана

Таблиця 7 – Гідрохімічні показники свердловини № 2097

Показники	Паспорт свердловини (09.07.1965)	Паспорт р. Барабой (1991 р.)	Дані ОДЕКУ (28.02.2016)
Загальна твердість, мг-екв/дм ³	3,0	3,8	3,83
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	160	-	109
Ca ²⁺ , мг/дм ³	44	-	17
Mg ²⁺ , мг/дм ³	10	-	36,7
Сухий залишок, мг/дм ³	580	400-1300	571
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	111	-	12,5
Cl ⁻ , мг/дм ³	120	-	124
NO ₂ ⁻ , мгN/дм ³	-	сліди	0,065
NO ₃ ⁻ , мгN/дм ³	-	сліди	2,79
NH ₄ ⁺ , мгN/дм ³	-	-	0,663
PO ₄ ³⁻ , мгP/дм ³	-	-	0,202

Таблиця 8 – Відповідність артезіанської води свердловини № 2097 господарсько-питним вимогам ДСанПіН 2.2.4.-171-10.

Показники	Нормативи для питної води з колодязів та каптажів джерел	Паспорт свердловини (09.07.1965)	Дані ОДЕКУ (28.02.2016)
Загальні колі форми, УО/100см ³	<1	<3	-
Запах, бали	≤3	0	0
Мутність, н.о.к.	≤3,5	0	0
Ph	6,5-8,5	7,7	7,7
Загальна твердість, мг-екв/дм ³	≤7,0	3,0	3,83
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	≤500	111	12,5
Сухий залишок, мг/дм ³	≤1500	580	571
Cl ⁻ , мг/дм ³	≤350	120	124
NO ₂ ⁻ , мгN/дм ³	≤3,3	-	0,065
NO ₃ ⁻ , мгN/дм ³	≤50	-	2,79
NH ₄ ⁺ , мгN/дм ³	≤2,6	-	0,663

Таблиця 9 – Оцінка фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води свердловини № 2097 у с. Барабой

Показники	Нормативи	09.07.1965	28.02.2016
Загальна твердість, мг-екв/дм ³	1,5-7,0	3,0	3,83
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	4-40	160	109
Ca ²⁺ , мг/дм ³	25-75	44	17
Mg ²⁺ , мг/дм ³	10-50	10	36,7
Сухий залишок, мг/дм ³	200-500	580	571

якість»). Але за показником мінералізації був установлений 2 клас якості води («добра, прийнятної якості»), а по магнію якість води у сучасності (2016 р.) дійшла до 4 класу – («посередня, обмежено придатна, небажаної якості»).

6. ВИСНОВКИ

Дослідження якості підземних вод в басейні р. Барабой Одеської області, у межах якого на протязі багатьох десятиліть проводиться донорське зрошування сільськогосподарських масивів водами р. Дністер, показало існування значних

змін. Через фільтрацію додаткових вод, які надійшли до басейну через зрошувальну мережу, піднявся рівень ґрунтових вод і сформувалися джерела їх виходу на берегах річки та водойм. Установлене зростання вмісту хлору та токсичності ґрунтових вод по довжині водозбору.

На всіх станціях виявлене забруднення по сполукам азоту, головним іонам, яке виражається у великих значеннях кратності перевищень рибогосподарських норм ГДК. Це вказує на шкідливість впливу ґрунтових вод, які розвантажуються у водойми, на якість води і ризик нане-

Таблиця 10 - Оцінка відповідності вод свердловини № 2097 у с. Барабой вимогам ДСТУ 4808:2007 (класи якості води)

Показники	09.07.1965	28.02.2016
Запах, бали	1	1
Забарвленість, °	1	1
Мутність, н.о.к.	1	1
Мінералізація, мг/дм ³	2	2
Загальна твердість, мг-екв/дм ³	1	1
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	1	1
Cl ⁻ , мг/дм ³	1	1
Mg ²⁺ , мг/дм ³	2	4

сення збитків існуючим рибним господарствам.

Отримані результати оцінки якості ґрунтових вод на досліджуваних станціях дають підстави розглядати ці джерела як важливий фактор впливу на гідрохімічний режим і якість вод річки Барабой та її водойм, який необхідно врахувати при розробці заходів по оптимізації сучасного гідроекологічного стану річки Барабой в цілому. Якщо висока мінералізація та значний вміст у воді головних іонів можуть бути пояснені природними чинниками, то висока біогенна забрудненість ґрунтових вод є наслідком надходження до водоносних горизонтів промислових, побутових і зворотних вод з сільськогосподарських масивів. Забруднення носить не тимчасовий, а постійний характер.

Порівняльний аналіз даних по свердловині № 2097, які відносяться до 1965 та 2016 років, дозволив зробити висновки про погіршення якості її води через появу у хімічному складі води нітритів, нітратів, амонію та фосфатів, які у минулому не спостерігались. За санітарно-хімічними показниками вода відповідає умовам нормативного документу, але за епідеміологічними (колі форми) – не відповідає. З погляду фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води у артезіанській воді свердловини в с. Барабой є відхилення по натрію, калію, мінералізації. Оцінка придатності досліджуваної води для централізованого питного водопостачання згідно [30] показала, що по магнію якість води відноситься до 4 класу – («посередня, обмежено придатна, небажаної якості»). Вживання вод з підвищеним вмістом магнію загрожує можливому розвитку таких хвороб як: синдром дихальних паралічів і серцевої блокади та шлунково-кишкового тракту. Тому не рекомендовано застосовувати досліджувану свердловину в якості джерела централізованого питного водопостачання для громади с. Барабой без вживання комплексу технологічних заходів щодо поліпшення

складу води. Поліпшення складу води і використання свердловини як джерела централізованого питного водопостачання може бути забезпечене доочищенням води шляхом модернізації свердловини (встановлення відповідного обладнання для знезараження та обробки води) або альтернативою може бути застосування водоспоживачами локальних систем для доочистки води. Для оброблення води потрібне її знезараження із застосуванням одного з таких реагентів: хлор, гіпохлорит, діоксин хлору, хлорамін, а також можливе знезараження ультрафіолетовим опроміненням у комбінації з O₃, H₂O₂, оброблення озоном і фільтрування з коагулюванням. У перспективі має бути передбаченою очистка фільтруванням через біологічно активоване вугілля або через повільні фільтри, а також очищення і знезараження іншими реагентами і способами, дозволеними СЕС МОЗ України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гопченко Е. Д., Лобода Н. С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях). Киев: КНТ, 2005. 188 с.
2. Орошение на Одещине. Почвенно-экологические аспекты / И. Н. Гоголев, Р. А. Байер, А. Г. Кулибабин и др.; ред.: И. Н. Гоголев, В. Г. Друзьяк. Одесса: Ред. изд. отдел, 1992. 436 с.
3. Природа Одесской области. Ресурсы, их рациональное использование и охрана / под. ред. Г. И. Швевса. Киев: Вища школа, 1979. 144 с.
4. Яров Я. С., Лобода Н. С. Шляхи вирішення задач оцінки гідроекологічного стану малих водотоків північно-західного Причорномор'я (на прикладі р. Барабой). *Тези доповідей Першого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду*, 22-23.03.2017. Одеса: ТЕС, 2016. С. 185-187.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озер и расчеты основных характеристик их режима. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия / под ред. М. С. Каганера. Ленинград: Гидрометеоздат, 1978. 498 с.
6. Паспорт реки Барабой / Гос. комит. водн. хоз. Украины. Одесса, 1992. 180 с.
7. Пилипенко Ю. В. Екологія малих водосховищ степу України: монографія. Херсон: Олди-плюс, 2007. 303 с.
8. Лозовицький П. С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів: навчальний посібник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр. Київського ун-ту, 2010. 276 с.

9. Шевченко Т. О., Приходько В. Ю. Оцінка придатності для зрошення води зі штучних водосховищ півдня Одеської області. *Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів : зб. матеріалів X Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків, 2015. С. 94-96.
10. Гидрохимическое картирование с применением вероятностно-статистических методов / под ред. В. И. Пеляшенко. Киев : Вища школа. Головное издательство, 1979. 100 с.
11. Актуальні проблеми гідрометеорології та охорони навколишнього середовища. Звіт про НДР (заключний). ДР № 0010U008225 / наук. керів. Ю. С. Тучковенко; Од. держ. екол. ун-т. Одеса, 2012. 295 с.
12. Математичне моделювання гідроекологічного стану водних об'єктів України. Звіт про НДР (заключний). ДР № 0104U004024 / наук. керів. Н. С. Лобода; Од. держ. екол. ун-т. Одеса, 2011. 184 с.
13. Гідроекологічний стан річок та водойм України в умовах антропогенного впливу. Звіт про НДР (заключний). ДР № 0113U007992 / наук. керів. Н. С. Лобода; Од. держ. екол. ун-т. Одеса, 2017. 340 с.
14. Яров Я. С. Гідрохімічний режим та екологічний стан річки Барабой. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. № 7. С. 200-210.
15. Захарова М. В., Яров Я. С. Залежності між гідрохімічними показниками води у річці Барабой з використанням кореляційного аналізу. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2012. Вип 13. С. 165-170.
16. Даус М. Є., Яров Я. С. Особливості гідрохімічного режиму річки Барабой. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. № 10. С. 143-152.
17. Яров Я. С. Екологічна оцінка якості води річки Барабой за відповідними категоріями. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. № 10. С. 195-206.
18. Осадчий В. С., Блажко А. П. Екологічне оцінювання стану поверхневих вод в басейні р. Барабой. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. Вип. 64. С. 171-177.
19. Кулибабин А. Г. Экономический анализ современных проектов оптимизации водоподачи и водораспределения в орошении. Одесса : Консалтинг, 1997. 97 с.
20. Порохова І. В., Яров Я. С. Якість вод Барабойського водосховища за даними спеціальних спостережень. *Матеріали XVI наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ*. Одеса : ТЕС, 2017. С. 80-81.
21. Холостенко В. П., Яров Я. С. Якість вод Санжейського водосховища за даними спеціальних спостережень. *Матеріали XVI наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ*. Одеса : ТЕС, 2017. С. 81-82.
22. Таранюк О. С., Яров Я. С. Оцінка впливу Санжейського водосховища на якість вод річки Барабой. *Матеріали XVI наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ*. Одеса : ТЕС, 2017. С. 82-84.
23. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ : Ніка центр, 2001. 264 с.
24. Паламарчук М. М., Закорчевна Н. Б. Водний фонд України. Київ : Ніка-Центр, 2001. 392 с.
25. Корикування правил експлуатації водосховища комплексного призначення. Водогосподарський паспорт і правила експлуатації Барабойського водосховища в Біляївському районі Одеської області / РНЦВП «Фобіус». Одеса, 2010. 76 с.
26. Правила експлуатації Санжейського водохранилища. (Корректировка 2011) / Государственный комитет Украины по водному хозяйству; Государственный проектно-изыскательский институт «Укрюжгипроводхоз». Одесса, 2011. 66 с.
27. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. Київ, 2006. 435 с.
28. Набиванець Б. Й., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б. Аналітична хімія поверхневих вод. Київ : Наукова думка, 2007. 457 с.
29. ДсанПІН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ : Міністерство юстиції України, 2010. 36 с.
30. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого водопостачання. «Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання». Київ : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2007. 36 с.
31. Паспорт артезианської скважини №2097 / ГПП «Причерноморгеология». Одеса, 1965. 8 с.
32. Романенко В. Д. Основы гидроэкологии : учебник для студентов высших учебных заведений. Киев : Генеза, 2004. 664 с.

REFERENCES

1. Gopchenko, E.D., Loboda, N.S. (2005). *Vodnye resursy severo-zapadnogo Prichernomor'ya (v estestvennykh i narushennykh khozyaystvennoy deyatel'nosti'u usloviyakh* [The water resources of the north-western Black Sea coast (in natural and economic conditions violated by economic activity)]. Kiev : KNT Publ. (in Russ.)
2. Gogolev, I.N., Druzyak, V.G. (Eds). (1992). *Oroshenie na Odesshchine. Pochvenno-ekologicheskie aspekty* [Irrigation in the Odessa region. Soil-ecological aspects]. Odessa : Editor. and Publ. Department (in Russ.)
3. Shvebs, G.I. (Ed.). (1979). *Priroda Odesskoy oblasti. Resursy, ikh ratsional'noe ispol'zovanie i okhrana* [The nature of the Odessa region. Resources, their rational use and protection]. Kiev : High School Publ. (in Russ.)
4. Yarov Ya.S., Loboda N.S. (2016). [Ways of solving the problems of estimation of the hydroecological state of small watercourses of the northwestern Black Sea region (for example, Baraboy river)]. *Tezy dopovidei Pershoho Vseukrainskoho hidrometeorologichnogo zizdu* [Theses of reports of the First All-Ukrainian Hydrometeorological Congress], 22-23.03.2017. Odessa : TES Publ., pp. 185-187. (in Ukr.)
5. Kaganer, M.S. (Ed.). (1978). *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Opisanie rek i ozer i raschety osnovnykh kharakteristik ikh rezhima. Vyp. 1. Zapadnaya Ukraina i Moldaviya* [Resources of surface waters of the USSR. Description of rivers and lakes and calculations of the main characteristics of their regime. Issue 1. Western Ukraine and Moldova]. Leningrad : Gidrometeoizdat Publ. (in Russ.)
6. State Committee for Water Management of Ukraine (1992). *Pasport reki Baraboy* [The passport of the river Baraboy]. Odessa. (in Russ.)
7. Pilipenko, Yu.V. (2007). *Ekolohiia malykh vodoskhovyshch stepu Ukrainy* [Ecology of small reservoirs of Ukraine's steppe]. Kherson : Oldi Plus Publ. (in Ukr.)
8. Lozovytskyi, P.S. (2010). *Vodni ta khimichni melioratsii gruntiv* [Water and chemical soil reclamation]. Kyiv : Kyiv University Publ. (in Ukr.)
9. Shevchenko, T.O., Prikhodko, V.Yu. (2015). [Assessment of suitability for irrigation of water from artificial reservoirs of the south of the Odessa region]. *Zb. Materialiv X Mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferentsii "Ekolohopravovi ta ekonomichni aspekty ekolohichnoi bezpeky rehioniv"* [Materials of the 10th International Scientific and Practical Conference "Ecological and Legal and Economic Aspects of Environmental Safety of the Regions"]. Kharkiv, pp. 94-96. (in Ukr.)
10. Pelyashenko, V.I. (Ed.). (1979). *Gidrokhimicheskoe kartirovanie s primeneniem veroyatnostno-statisticheskikh metodov* [Hydrochemical Mapping Using Probabilistic-Statistical Methods]. Kiev : High School Publ. (in Russ.)
11. Tuchkovenko, Yu.S. (Scient. chief). (2012). Aktualni problem hidrometeorologii ta okhorony navkolyshniho sredovyscha [Actual problems of hydrometeorology and environment protection]. *Research Report (final). SR №0010U008225*. Odessa State Environmental University. Odessa. (in Ukr.)
12. Loboda, N.S. (Scient. chief). (2011). *Matematychnе modelivannia hidroekolohichnogo stanu vodnykh ob'ektiv Ukrainy : Zvit pro NDR. DR №0104U004024* [Mathemati-

- cal modeling of the hydroecological state of water objects of Ukraine : Research Report (final). SR 0104U004024]. Odessa State Environmental University. Odessa. (in Ukr.)
13. Loboda, N.S. (Scient. chief). (2017). *Hydroekologichnyi stan richok ta vodoim Ukrainy v umovakh antropohennoho vplyvu : Zvit pro NDR. DR №0113U007992* [Hydroecological state of rivers and reservoirs of Ukraine in the conditions of anthropogenic influence : Research report (final). SR 0113U007992]. Odessa State Environmental University. Odessa. (in Ukr.)
 14. Yarov, Ya.S. (2010). [Hydrochemical regime and ecological state of the Baraboy river]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal* [Ukrainian hydrometeorological journal], 07, 200-210. (in Ukr.)
 15. Zakharova, M.V., Yarov, Y.S. (2012). [The relationship between the hydrochemical parameters of water in the Baraboy River using the correlation analysis]. *Visnik Odes'kogo derzhavnogo ekolohichnogo universitetu* [Bulletin of Odessa state environmental university], 13. 165-170. (in Ukr.)
 16. Daus, M.Ye., Yarov, Ya.S. (2012). [Features of the hydrochemical regime of the Baraboy River]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal* [Ukrainian hydrometeorological journal], 10, 143-152. (in Ukr.)
 17. Yarov, Ya.S. (2012). [Environmental assessment of the water quality of the Baraboy River according to the relevant categories]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal* [Ukrainian hydrometeorological journal], 10, 195-206. (in Ukr.)
 18. Osadchyi, V.S., Blazhko, A.P. (2016). [Ecological assessment of surface waters in the basin of the Baraboy river]. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture], 64, 171-177. (in Ukr.)
 19. Kulibabin, A.G. (1997). *Ekonomicheskii analiz sovremennykh proektov optimizatsii vodopodachi i vodoraspredeleniya v oroshenii* [Economic analysis of modern projects to optimize water supply and water distribution in irrigation]. Odessa : Consulting Publ. (in Russ.)
 20. Porokhova, I.V., Yarov, Ya.S. (2017). [The quality of the waters of the Baraboy Reservoir according to the data of special observations]. *Materialy XVI naukovoï konferentsii molodykh vchenykh ODEKU* [Materials of the 16th scientific conference of young scientists ODEKU]. Odessa : TES Publ., pp. 80-81. (in Ukr.)
 21. Kholostenko, V.P., Yarov, Ya.S. (2017). [The quality of the waters of the Sanzhskys Reservoir according to the data of special observations]. *Materialy XVI naukovoï konferentsii molodykh vchenykh ODEKU* [Materials of the 16th scientific conference of young scientists ODEKU]. Odessa : TES Publ., pp. 81-82. (in Ukr.)
 22. Taranyuk, O.S., Yarov, Y.S. (2017). [An assessment of the influence of the Sanzhskys Reservoir on the quality of the waters of the Baraboy River]. *Materialy XVI naukovoï konferentsii molodykh vchenykh ODEKU* [Materials of the 16th scientific conference of young scientists ODEKU]. Odessa : TES Publ., pp. 82-84. (in Ukr.)
 23. Snizhko, S.I. (2001). *Otsinka ta prohozuvannia yakosti pryrodnykh vod* [Estimation and prediction of natural water quality]. Kyiv : Nika Center Publ. (in Ukr.)
 24. Palamarchuk, M.M., Zakorchevna, N.B. (2001). *Vodnyi fond Ukrainy* [Water Fund of Ukraine]. Kyiv : Nika-Centr Publ. (in Ukr.)
 25. Regional Scientific Center for Water Policy «Phoebus». (2010). *Korehuvannia pravyl ekspluatatsii vodoshovnyshcha kompleksnoho pryznachennia. Vodohospodarskyi passport i pravyla ekspluatatsii Baraboiskoho vodoshovnyshcha v Biliaivskomu raioni Odeskoi oblasti* [Adjustment of the rules of operation of the reservoir of the complex destination. The water managements passport and the rules of exploitation of the Baraboy's reservoir in the Bilyaivsky district of the Odessa region]. Odessa. (in Ukr.)
 26. State Committee of Ukraine for Water Management & State Design and Research Institute «Ukryuhzgirovodkhoz». (2011). *Pravila ekspluatatsii Sanzhetskoho vodokhranilishcha. Korrekt. 2011* [Rules for operating the Sanzhsky Reservoir. Correct. 2011]. Odessa. (in Russ.)
 27. Romanenko, V.D. (2006). *Metody hidroekologichnykh doslidzhen poverkhnevnykh vod* [Methods of hydroecological studies of surface water]. Kyiv. (in Ukr.)
 28. Nabivanets, B.Y., Osadchii, V.I., Osadcha, N.M., Nabivanets, Y.B. (2007). *Analitichna khimiia poverkhnevnykh vod* [Analytical chemistry of surface water]. Kyiv : Naukova dumka. (in Ukr.)
 29. Ministry of Justice of Ukraine. (2010). *DsanPIN 2.2.4-171-10 : Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoï dlia spozhyvannia liudynoiu* [State sanitary rules and regulations 2.2.4-171-10 : Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption]. Kyiv. (in Ukr.)
 30. State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy. (2007). *DSTU 4808:2007 : Dzherela tsentralizovanoho vodopostachannia. Hihienichni ta ekolohichni vymohy shchodo yakosti vody i pravyla vybyrannia* [State standards of Ukraine 4808:2007 : Sources of centralized water supply. Hygienic and environmental requirements for water quality and selection rules]. Kyiv. (in Ukr.)
 31. SGS «Prichernomgeologiya». (1965). *Pasport artezianskoï skvazhiny №2097* [The passport of an artesian well no. 2097]. Odessa. (in Russ.)
 32. Romanenko, V.D. (2004). *Osnovy gidroekologii : uchebnyk dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy* [Fundamentals of Hydroecology : Textbook for students of higher educational institutions]. Kiev : Geneza Publ. (in Russ.)

INFLUENCE OF LONG-TERM DONOR IRRIGATION ON QUALITY OF UNDERGROUND WATER IN THE SOUTH-STEPPE ZONE OF UKRAINE (CASE OF THE BARABOY RIVER, ODESSA REGION)

Ya. S. Yarov
N. S. Loboda, Dr of Geogr. Sci.

*Odessa State Environmental University,
15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine, slavikyarov82@gmail.com*

The article presents the results of in-situ studies of the chemical composition and quality of underground (subsoil and artesian) water within the basin of the Baraboy River where irrigation of agricultural areas using the water resources of the Dniester River has been carried out since 1967. These water resources are fed into the network of reservoirs and channels of the Lower Dniester Irrigation System. Filtration losses of water from irrigation areas and water supply and sewage systems of settlements replenish the reserves of underground (subsoil) waters increasing the ingress therein of dissolved substances from the sedimentary rocks which leads to increase in the concentrations of certain ingredients included in chemical composition of surface and underground

waters within the basin of the Baraboy River. It is shown that groundwater is enriched with nitrogen compounds containing high concentrations of chlorides, sulfates, calcium and magnesium. Mineralization, toxicity and degree of contamination of underground water increase along the length of the Baraboy River. The chemical composition of the groundwater coming to the riverbed of the Baraboy River does not meet the fishing requirements and worsen the water quality of fish farming water bodies. The results of assessment of groundwater quality at the stations under study give reason to consider these sources of groundwater as an important factor affecting the hydrochemical regime and the quality of the water of the Baraboy River and its reservoirs which should be taken into account when developing the recommendations for optimization of the current hydroecological state of the Baraboy River as a whole. If high mineralization and significant content of principle ions in groundwater can be explained by natural factors, the high level of contamination by biogenic substances is resulted from entering of industrial, domestic and return waters from irrigated areas into aquifers. Such contamination is not a temporary but a permanent phenomenon. In terms of magnesium content artesian waters used for utility and drinking water supply are recognized as «mediocre, suitable with limitations and having undesirable quality». In addition, after 50 years of operation compounds of nitrogen and phosphorus were found in artesian water, and this was not a case in 1960s of the last century. A conclusion on the negative effect of long-term donor irrigation on the quality of underground water and on the need for additional treatment of water of artesian aquifers of the Sarmatian Stage used for centralized water supply was made.

Keywords: donor irrigation, filtration, underground water, water quality indicators, degree of contamination.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ДОНОРСКОГО ОРОШЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЮГО-СТЕПНОЙ ЗОНЕ УКРАИНЫ (НА ПРИМЕРЕ Р.БАРАБОЙ, ОДЕССКАЯ ОБЛАСТЬ)

Я. С. Яров

Н. С. Лобода д-р географ. наук

*Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, slavikyarov82@gmail.com*

В работе представлены результаты натурных исследований химического состава и качества подземных (грунтовых и артезианских) вод в бассейне реки Барабой, где с 1967 года производится орошения сельскохозяйственных массивов за счет вод реки Днестр. Эти воды подаются в сеть водохранилищ и каналов Нижнеднестровской оросительной системы. Фильтрационные потери вод из оросительных массивов и водопроводно-канализационных систем населенных пунктов пополняют запасы подземных (грунтовых) вод, увеличивая попадания в них растворенных веществ из толщ осадочных горных пород, что приводит к росту концентраций отдельных ингредиентов химического состава в поверхностных и подземных водах в бассейне реки Барабой. Показано, что грунтовые воды обогащены соединениями азота, содержат высокие концентрации хлоридов, сульфатов, кальция и магния. Минерализация, токсичность и степень загрязнения подземных вод увеличиваются по длине р.Барабой. Грунтовые воды, которые попадают в русло реки Барабой, по своему химическому составу не удовлетворяют требованиям рыбного хозяйства, ухудшая качество вод в водоемах, где ведется рыбоводство. Артезианские воды, которые используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения, признаны «посредственно, ограничено пригодными, нежелательного качества» по содержанию магния. Кроме того, после 50 летней эксплуатации в артезианских водах найдены соединения азота и фосфора, которые в 60-е годы прошлого столетия не выявлялись. Сделан вывод о негативном влиянии длительного доносорого орошения на качество подземных вод и необходимость дополнительной обработки воды артезианских водоносных горизонтов сарматского яруса, которые используются для централизованного водоснабжения.

Ключевые слова: доносорого орошение, фильтрация, подземные воды, показатели качества воды, степень загрязнения.

*Подання до редакції : 03. 04. 2018
Надходження остаточної версії : 15. 05. 2018
Публікація статті : 29. 06. 2018*