

УДК 504.4:543.3(477.7)

Г. М. Шихалєєва, Г. М. Кірюшкіна

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
Фізико-хімічний інститут захисту здоров'я людини і довкілля,
вул. Преображенська, 18, м. Одеса, 65082, Україна; e-mail: i.l.monitoring@ukr.net

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ З КОЛОДЯЗІВ НА ТЕРИТОРІЇ ВОДОЗБОРУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ (ПІВНІЧНО-ЗАХІДНЕ ПРИЧОРНОМОР'Я, УКРАЇНА)

Робота присвячена дослідженню фізико-хімічного складу води з дев'яти колодязів, розташованих у прибережній зоні гіпергалінного Куяльницького лиману, оцінці її якості та придатності для споживання людиною та в тваринництві, зокрема в якості питної води. Аналіз вод проведено відповідно до вимог ДСаНПіН 2.2.4-171-10 за 22 показниками (сухий залишок, загальна твердість, водневий показник, сульфати, хлориди, магній, кальцій, натрій, калій, азот нітритний, фториди, силіцій, алюміній, купрум, плумбум, залізо загальне, манган, хром (VI), цинк, кадмій, ванадій). Клас якості підземних вод з колодязів оцінено відповідно до ДСТУ 4808-2007 за окремими показниками (за середніми та найгіршими значеннями), блоковими індексами за загально-санітарними (група II) та токсикологічними (група VII) показниками та узагальненим інтегральним індексом. Оцінена також якість підземних вод колодязів з позиції фізіологічної повноцінності їхнього мінерального складу. Результати досліджень показали, що за величиною загальної твердості та мінералізації води з колодязів більш як у 50% випадків перевищують нормативи якості для вживання людиною та у 25% випадках непридатні (> 5000 мг/дм³) для водопою худоби. При цьому, найвищою якістю за окремими загально-санітарними показниками (середні значення) відрізнялась вода з колодязю № 2 (1–2 класів якості), токсикологічними показниками (середні значення) — вода з колодязю № 4 (1–2 класів якості). За даними узагальнення розрахунків зазначених блокових та інтегрального індексів води з колодязів відносяться до другого та третього класів якості — вода добра, прийнятної якості та вода задовільна, прийнятної якості та слабо забруднена з ухилом до класу обмежено придатної. Стосовно відповідності фізіологічної повноцінності мінерального складу води з колодязів, то більш як у 80% відібраних проб спостерігається перевищення нормативів ДСаНПіН 2.2.4-171-10 за усіма нормованими показниками. Результати моніторингу якості колодязних вод необхідні для отримання даних про рівні забруднення поширених у компонентах екосистем Кл токсичних речовин, про їх безпечність для використання в якості питних вод і, зокрема, для водопою худоби, випас якої поширений в долині Куяльницького лиману. Крім того, отримані результати можуть бути використані для розробки природоохоронних заходів та просвітницької роботи з населенням регіону.

Ключові слова: колодязі, питна вода, загально санітарні хімічні та токсикологічні показники, класи якості води.

Вода є одним з найважливіших елементів навколишнього середовища, необхідна для виживання всіх видів організмів, від одноклітинних до складних багато-клітинних, для споживання людиною в якості питної води та для багатьох сфер діяльності людини, зокрема використовується в харчовій та промисловій діяльності, у сільському господарстві для зрошення, водопою тварин та інших сільськогосподарських цілей, комунальних потреб населення тощо [1–4].

Внаслідок глобальних змін клімату, які відбуваються в останні десятиріччя, у всіх країнах світу відчувається дефіцит водних ресурсів, погіршення їх якос-

ті. Проблема екологічного стану поверхневих та підземних вод є актуальною і в Україні, а особливо загострюються питання забезпечення якісною питною водою населення півдня України. Гідрографічна мережа в південному Степу найменша (0,2–0,3 км/км²). Ресурси питної води на півдні України представлені підземними водами та водами річок. Так, р. Дністер є основним джерелом централізованого водопостачання для м. Одеса та прилеглих населених пунктів [5]. Крім того, у м. Одеса також функціонує 15 бюветних комплексів [6], але ряд малих населених пунктів не має доступу до централізованого водопостачання. У населених пунктах ще часто використовують підземну воду з колодязів та свердловин.

Загалом, підземні води Причорноморського басейну мають складну гідрогеологічну структуру, включають артезіанські, ґрунтові води, характеризуються розмаїттям і невтриманістю поширення як водовмісних, так і водотривких відкладів, літологічною строкатістю, мінливістю якісного складу, підвищеними мінералізацією, вмістом завислих речовин, хлоридів, сульфатів, біогенних сполук групи азоту, забруднюючих речовин органічного походження тощо [6, 7]. Прогнозні ресурси підземних вод Причорномор'я незначні (до 5 тис. м³ на добу і менше). Це обмежує їх придатність за екологічними, санітарно-гігієнічними та агрономічними критеріями. З метою запобігання, зменшення та усунення забруднення і раціонального їх використання є нагальна необхідність в проведенні постійного моніторингу поверхневих та підземних вод.

Дослідженням складу поверхневих вод у басейні гіпергалінного Куяльницького лиману (Кл) — одного з найстаріших лиманів квазістаціонарного типу Північно-Західного Причорномор'я, присвячено низку наукових публікацій [8–15]. Зокрема, оцінка складників водного балансу лиману у XXI ст., вплив на них природних і антропогенних чинників проаналізовані у низці робіт фахівців ОДЕКУ (нині факультет гідрометеорології та екології ОНУ імені І. І. Мечникова [8–10]. Динаміка змін гідрохімічного та гідробіологічного режимів Кл, екологічного стану його водних і наземних екосистем під впливом кліматичних умов та антропогенних чинників у перші десятиріччя XXI ст. відображені у роботах фахівців ФХІЗНСІЛ МОН та НАН України (нині ФХІЗЗЛД ОНУ імені І. І. Мечникова) [11–15].

Що стосується дослідження підземних вод у басейні водозбору Кл, то окремі види гідрогеологічних досліджень, буріння свердловин, картування і опис колодязів і джерел, які розташовані в межах заплави і на схилах лиману, здійснювалось у різні роки ДРГП «Причорноморгеологія», Українським НДІ медичної реабілітації та курортології, ОНУ імені І. І. Мечникова [7, 9, 16].

За оцінками майже усіх авторів водний режим Кл формується атмосферними опадами, річковим і боковим стоками та випаровуванням, вважаючи, що вклад такої складової як підземні води, незначний і не перевищував 1–2% від загальної прибуткової частини водного балансу [17]. За даними комплексу проведених фахівцями ОНУ імені І. І. Мечникова у 2015–2017 рр. досліджень на облаштованих мережах гідрогеологічних свердловин у заплаві Кл показано, що обсяг підземного живлення лиману складає біля 35–50% та в 2016–2017 рр. коливався в діапазоні від 6,8 до 7,9 млн. м³, що відповідає підйому рівня води в лимані приблизно на 17–20 см [18, 19]. Таким чином, згідно даних сучасних досліджень, підземні води

займають значне місце у балансі водопостачання Кл і впливають як на якість води в лимані, так і якість підземних вод.

Враховуючи зазначене, метою даної роботи є дослідження гідрохімічного складу та еколого-гігієнічного стану вод колодязів, розташованих у прибережній зоні гіпергалінного Кл, оцінка їх придатності для питних потреб.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відповідно до фізико-географічного районування [20] Кл розташований на Одеській рівнині, в межах Одеського приморського району південної степової підзони. У гідрогеологічному відношенні територія водозбору лиману знаходиться у межах північної частини Причорноморського артезіанського басейну [21].

Підземні води розміщені у відкладах різного віку, генезису і літологічного складу — від зони тріщин кристалічного фундаменту до четвертинних [7, 9, 22, 23].

Для Кл характерною рисою є широка амплітуда коливань рівня води, що веде до зміни морфометричних параметрів і сольового режиму [8, 9, 24, 25].

Площа водозбору лиману, включаючи р. Великий Куяльник, становить 2233 км² [9]. Площа території водозбору, на якій проводили обстеження колодязів близько 160 км². Всього упродовж 2016–2017 рр. було обстежено 9 колодязів та відібрано 48 проб води.

Супутниковий знімок території обстеження з розташуванням колодязів та їх фото представлено на рис. 1.

Координати станцій спостережень фіксували за допомогою приборів супутникової навігації GPS.

Координати місць розташування колодязів та їх опис наведено у табл. 1.

Аналіз вод проведено відповідно до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10 [26] за 22 показниками, серед яких мінералізація (сухий залишок), загальна твердість, водневий показник, сульфати, хлориди, магній, кальцій, натрій, калій, азот нітритний, силіцій, алюміній, купрум, п्लомбум, залізо загальне, манган, хром (VI), цинк, кадмій, ванадій, фториди.

Одержані значення порівняли з санітарно-допустимими нормами для вод колодязів та водопровідної води [26].

Клас якості води колодязів оцінено відповідно до ДСТУ 4808-2007 [27] за окремими показниками (за середніми та найгіршими значеннями), блоковими індексами за загально-санітарними (група II) та пріоритетними токсикологічними (група VII) показниками хімічного складу води та узагальненим інтегральним індексом, який у нашому випадку розраховується як середньоарифметичне зазначених блокових індексів за формулою:

$$I_{\text{інтер}} = I_{\text{II}} + I_{\text{VII}} / 2,$$

де I_{II} , I_{VII} — величини групових індексів; 2 — кількість групових індексів.

За значеннями блокових та узагальненим інтегральним індексом якості води, була визначена їх приналежність до певного класу якості (1 — відмінна, бажана

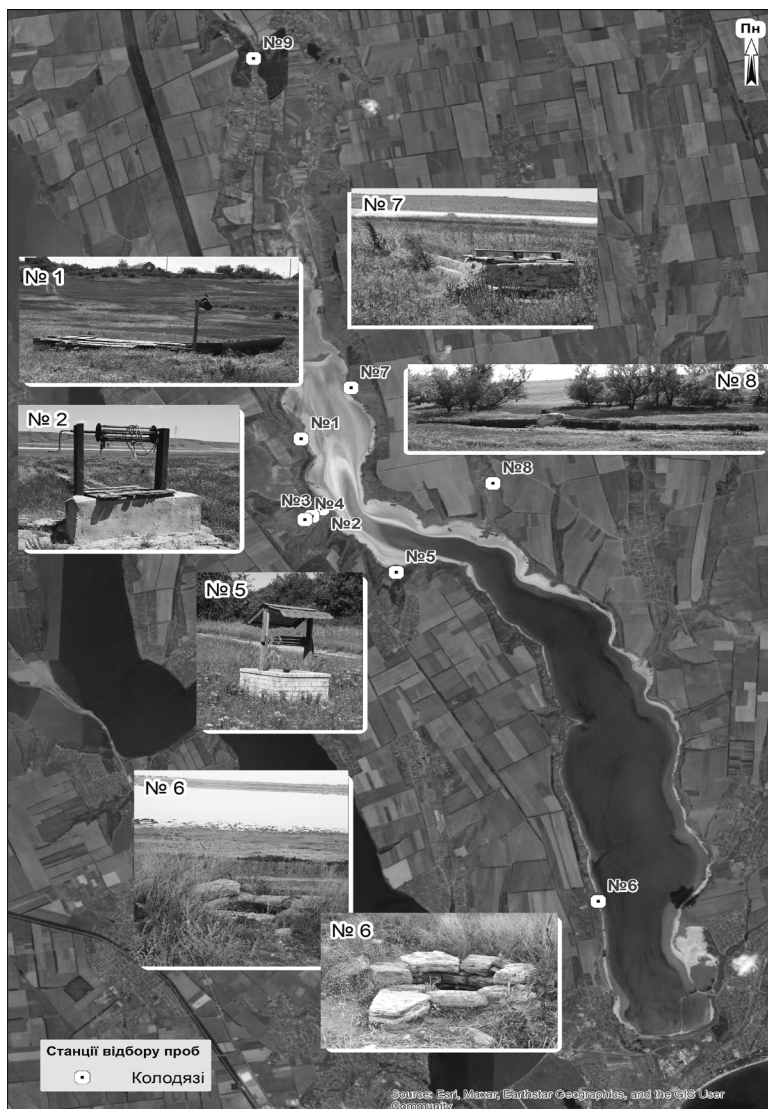


Рис. 1. Супутниковий знімок з позначенням місць розташування колодязів

Fig. 1. Satellite image with marking of well locations

якість; 2 — добра, прийнятна якість; 3 — задовільна, допустима якість; 4 — середня, обмежено прийнятна, небажана якість).

Варто зазначити, що блоковий індекс за показниками групи II вираховували згідно [27] за 7 показниками (з них: сухий залишок, рН, загальна твердість, хлориди, сульфати, магній, азот нітритний); групи VII — за 10 пріоритетними токси-

Таблиця 1

Координати та опис території розміщення колодязів

Table 1

Coordinates and description of the territory where the wells are located

№ колодязю	Опис станції спостереження	Координати	Дата відбору проби
1	Околиці с. Стара Еметівка, правобережжя Кл	46°43'56,5" ПнШ 30°36'6,0" СхД	18.08.2016 р. 30.05.2017 р.
2	Околиці с. Ковалівка, правобережжя Кл (500 м від урізу води)	46°42'43,84" ПнШ 30°36'36,24" СхД	13.11.2016 р. 30.05.2017 р.
3	Околиці с. Ковалівка, правобережжя Кл (800 м від урізу води)	46°42'35,87" ПнШ 30°36'23,58" СхД	04.12.2016 р. 03.06.2017 р.
4	Околиці с. Ковалівка, правобережжя Кл (1050 м від урізу води)	46°42'32,27" ПнШ 30°36'14,64" СхД	04.12.2016 р. 04.06.2017 р.
5	Околиці с. Іллінка, правобережжя Кл	46°41'39,80" ПнШ 30°38'16,71" СхД	12.11.2016 р. 30.05.2017 р. 24.09.2017 р.
6	Околиці курорту Куяльник, правобережжя Кл, р-н зсувів	46°36'01,2" ПнШ 30°42'55,6" СхД	06.10.2016 р.
7	Лівобережжя Кл, на 1,2 км на південь від східного острова	46°44'51,3" ПнШ 30°37'09,1" СхД	02.06.2017 р.
8	Околиці с. Новокубанка, балка, лівобережжя Кл	46°43'15,2" ПнШ 30°40'19,4" СхД	09.09.2016 р. 01.06.2017 р.
9	Околиці с. Северіновка, верхів'я Кл, північніше Северинівських ставків	46°50'07,5" ПнШ 30°34'51,8" СхД	23.09.2017 р.

кологічними неорганічними показниками (з них: кадмій, плюмбум, манган, мідь, залізо, алюміній, ванадій, хром, цинк, фториди). Показники зазначених груп відносяться як до гігієнічних, так і до екологічних характеристик.

Аналітичні дослідження зразків вод виконувались за стандартними методиками в атестованій випробувальній лабораторії «Моніторинг» ФХІЗНСІЛ (Свід-во про атестацію № РО-066/2014). Концентрації натрію та калію визначали атомно-абсорбційним методом у полум'яному варіанті на спектрофотометрі СМ-117, свинцю, ванадію, кадмію, купруму, хрому, заліза, алюмінію, мангану, цинку — атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі «Сатурн-3» з приставкою «Графіт-2» (електротермічний варіант) з попередньою кислотною мінералізацією проб. Сухий залишок встановлювали гравіметричним, загальну твердість, вміст кальцію, магнію титриметричним, хлоридів аргентометричним методами. Концентрації силіцію, фторидів, нітритів встановлювали фотометричним методом.

Опрацювання і візуалізація результатів дослідження здійснювались за допомогою пакетів програм *Microsoft Excel* та ГІС-технологій.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Результати фізико-хімічних та токсикологічних досліджень вод колодязів та нормативи якості представлені у табл. 2.

Слід зазначити, що водневий показник та вміст загального заліза у водах з усіх досліджених колодязів не перевищує гранично-допустимі концентрації (ГДК) згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 [26]. Абсолютні значення рН коливаються у межах 5,90–7,81 при середніх від 6,82 до 7,70, які знаходились у максимально допустимих межах відповідно до [26]. За абсолютними значеннями в осінній період 2017 р. води з колодязю № 5 були нижчими за мінімальні значення 6,5, що може бути пов'язано з просочуванням дощових вод, збагачених вуглекислим газом. Водночас, майже у 60% проб вод з колодязів спостерігається перевищення нормативів за сухим залишком, загальною твердістю, вмістом хлоридів та у 38% проб — за вмістом сульфатів. Так, концентрації хлоридів у водах з колодязів прибережної зони Кл коливались у межах від 106,1 мг/дм³ до 5434 мг/дм³ (при середніх 216,3–3510 мг/дм³), що вище за ГДК [26] та стандарти ВООЗ (2011). Такий високий вміст хлоридів та мінералізації (див. табл. 2) може бути пов'язаний з наявністю тісного гідралічного зв'язку між ґрунтовими і поверхневими водами гіпергалінного Кл, на що вказують літературні дані [18, 19] та розраховані нами коефіцієнти кореляції між вмістом хлоридів та мінералізацією води у колодязях поблизу с. Ковалівка та в акваторії Кл на траверсі с. Ковалівка ($R = -0,501$ та $R = -0,516$ відповідно).

У водах з колодязів № 3 та № 5 поблизу сіл Ковалівка та Іллінка наприкінці травня та початку червня 2017 р. фіксували перевищення ГДК за вмістом нітритів у 5,5 та 1,5 разів відповідно. Утворення нітритів у підземних водах можливе з нітратів при відновних процесах, або з іонів амонію при їхньому окисленні. Максимуми фіксувались навесні при розкладанні неживої органічної речовини.

Щодо вмісту у воді з колодязів токсикологічних показників, слід зазначити, що за концентраціями мангану (за винятком вод з колодязю № 2 у травні 2017 р.) та заліза перевищень ГДК для питних вод з колодязів не зафіксовано. Інші метали у водах з колодязів згідно з [26] не визначають. Відповідно до нормативів для водопровідної води у питних водах з колодязів спостерігаються перевищення ГДК як по абсолютним, так і середнім значенням концентрацій в 2,3–6,0 разів по Al, у 1,6–7,4 разів по V (за винятком вод з колодязю № 2), у 2,4–5,0 разів по Cd (за винятком вод з колодязів № 2 та № 7), у 1,9–4,3 разів по Pb (за винятком вод з колодязів № 4, № 7 та № 9).

Таким чином, найкращою якістю майже за усіма санітарно-гігієнічними та токсикологічними показниками характеризуються води з колодязів № 2 (за винятком підвищеного вмісту мангану у травні 2017 р.) та № 4 (за винятком підвищеної твердості у грудні 2016 р.). Середні значення цих показників майже на рівні ГДК (див. табл. 2).

Варто наголосити, що надлишкові мінералізація й загальна твердість виявляють негативний вплив на організм людини при щоденному використанні такої води для питних цілей. Ці показники є вкрай важливими і при оцінці придатності води для споживання у тваринництві, зокрема в якості питної води [28]. Так, води

Таблиця 2

Фізико-хімічні та санітарно-токсикологічні параметри питної води
з колодязів на території водозбору Кл (за даними 2016–2017 рр.)

Table 2

Physicochemical, sanitary and toxicological parameters of drinking water from wells in the KE water catchment area
(based on data from 2016–2017)

Показник, одиниця виміру	Колодязі у басейні водозбору Кузяльницького лиману (2016–2017 рр.)										Нормативи якості для питної води [25]			Нормативи води для тваринництва [27]
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	№ 11	№ 12	№ 13	
	Фізико-хімічні показники													
рН, од.	7,59–7,81 7,70	6,89–7,19 7,00	7,05–7,25 7,15	7,06–7,67 7,36	5,90–7,31 6,82	7,74	7,63	7,22–7,43 7,33	6,17	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5	5,5–9,0	
Залізо за- гальне (Fe), мг/дм ³	0,151– 0,157 0,154	0,155– 0,172 0,164	0,003– 0,212 0,108	0,002– 0,161 0,082	0,151– 0,312 0,221	0,237	0,151	0,188– 0,405 0,297	0,251	≤1,0	≤1,0	≤0,2	0,3(1,0)	
Мідь (Cu), мг/дм ³	0,023– 0,003 0,013	0,001– 0,016 0,009	0,007– 0,008 0,007	0,002– 0,003 0,002	0,004– 0,024 0,015	0,016	0,002	0,018– 0,027 0,022	0,019	не визн.	не визн.	≤1,0	0,5	
Манган (Mn), мг/дм ³	0,016– 0,142 0,079	0,016– 1,202 0,609	0,016– 0,213 0,115	0,004– 0,030 0,017	0,019– 0,269 0,169	0,016	0,052	0,022– 0,063 0,042	0,028	≤0,5	≤0,5	≤0,05	–	
Цинк (Zn), мг/дм ³	0,018– 1,229 0,624	0,019– 0,544 0,282	0,544– 1,470 1,007	0,079– 1,165 0,622	0,026– 1,431 0,727	0,021	0,525	0,018– 0,462 0,240	0,935	не визн.	не визн.	≤1,0	25	
Кальцій (Ca), мг/дм ³	461–2168 1315	56,5–70,2 63,4	526,0– 621,2 573,7	82,2–112,6 97,4	235,7– 661,3 506,1	3006,0	86,2	132,3	–	не визн.	не визн.	не визн.	1000	
Магній (Mg), мг/дм ³	245,0– 319,7 282,4	14,6–26,1 20,4	638,4– 672,8 655,6	38,9– 128,0 83,5	60,8– 152,0 119,6	304,4	77,8	55,9	–	не визн.	не визн.	не визн.	–	
Хлориди (Cl), мг/дм ³	1872– 5148 3510	106,1– 326,6 216,3	2122– 3042 2582	174,7– 380,8 277,8	782,6– 1123,2 917,7	5434,9	249,6	262,1– 441,8 352,0	276,0	≤350	≤350	≤250	*600–2000	
Сульфати (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³	524,0– 592,6 558,3	10,7–80,0 46,0	1212,6– 2654 1933	155,6– 265,8 210,7	345,8– 1035 771,4	418,6	84,8	232,1	19,1	≤500	≤500	≤250	*800–2400	

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Загальна твердість, мг-екв/дм ³	11,3-43,0 27,2	4,7-4,9 4,8	80,9-83,5 82,0	7,3-15,9 11,6	16,6-45,0 35,0	172,6	10,5	11,2	-	≤10	≤7,0	*18-45
Сухий залишок, г/дм ³	4,5-11,3 2,82	0,39-0,67 0,53	6,62-8,82 7,72	0,99-1,01 1,0	1,86-3,60 2,83	9,82	1,01	1,05-1,20 1,13	2,35	≤1,5	**≤1,0 (3,0)	*2,4-5,0
Санітарно-токсикологічні показники												
Алюміній (Al), мг/дм ³	0,741- 1,161 0,951	0,815- 1,593 1,204	0,346- 0,802 0,574	0,174- 0,738 0,456	0,514- 1,692 1,073	1,017	0,788	0,710- 1,308 1,009	0,579	не визн.	≤0,2	5,0
Ванадій (V), мг/дм ³	0,272- 0,386 0,329	0,039- 0,189 0,111	0,464- 1,023 0,744	0,132- 0,238 0,185	0,203- 0,672 0,479	0,318	0,155	0,167- 0,308 0,238	0,725	не визн.	≤0,1	0,1
Кадмій (Cd), мг/дм ³	0,0028- 0,0037 0,0032	0,0010- 0,0037 0,0024	0,0047- 0,0054 0,0050	0,0010- 0,0011 0,0011	0,0028- 0,0061 0,0040	0,0027	0,0008	0,0014- 0,0028 0,0021	0,0029	не визн.	≤0,001	0,05
Силіцій (Si), мг/дм ³	0,99-8,8 4,8	1,5-7,8 4,7	1,6-12,6 7,0	1,7-13,3 7,5	1,9-9,4 4,5	5,6	1,2	1,1-10,5 5,8	2,1	не визн.	≤10	10
Натрій (Na), мг/дм ³	368,5- 517,0 442,7	29,9- 134,5 82,2	431,3- 1056,7 744,0	87,4- 200,5 143,9	218,8- 419,6 320,8	206,8	192,4	261,5- 391,2 326,4	-	не визн.	≤200	1000
Нітриди (NO ₂ ⁻), мг/дм ³	0,50	0,75	18,3	2,30	5,03	-	0,50	0,50	-	≤3,3	≤0,5	33
Свинець (Pb), мг/дм ³	0,0104- 0,0508 0,0310	0,0015- 0,0482 0,0252	0,0154- 0,0219 0,0191	0,0027- 0,0032 0,0033	0,0125- 0,0413 0,0272	0,0427	0,0043	0,0053- 0,0368 0,0211	0,0042	не визн.	≤0,01	0,1
Хром загальний (Cr), мг/дм ³	0,0105- 0,0137 0,0121	0,0012- 0,0075 0,0043	0,0103- 0,0205 0,0154	0,0020- 0,0048 0,0034	0,0059- 0,0107 0,0087	0,0098	0,0026	0,0042- 0,0064 0,0053	0,0071	не визн.	≤0,05	1,0
Фториди (F ⁻), мг/дм ³	0,27-0,28 0,28	0,04-0,43 0,24	0,04-0,05 0,05	0,92-1,03 0,98	0,04-0,15 0,11	0,34	0,29	0,24-0,34 0,29	0,24	≤1,5	для клім. зон: IV≤0,7 III≤1,2 II≤1,5	2,0

Примітка: у чисельнику граничні значення, у знаменнику — середні, у знаменнику — немає даних; * — безпечні рівні для великої рогатої худоби в залежності від виду та віку тварин (у табл. наведено нормативи для великої рогатої худоби, кіз та овець (дорослих тварин)),** — за погодженням з головним державним санітарним лікарем дозволено використання підземних вод для господарсько-питного водопостачання населення з мінералізацією до 3,0 г/дм³.

з колодязів № 3 і № 6 за мінералізацією ($> 5000 \text{ мг/дм}^3$) непридатні для водопою великої рогатої худоби.

Отримані при проведенні досліджень дані щодо якості води є досить важливими, оскільки завдяки їм можна визначити стан забруднення питної води з колодязів на території водозбору Кл поблизу 5-и населених пунктів (с. Стара Еметівка, с. Ковалівка, с. Іллінка, с. Новокубанка, с. Северинівка) та курорту Куяльник.

У сезонній динаміці 2016–2017 рр. відбувається збільшення концентрацій важких металів улітку і восени вірогідніше внаслідок суттєвого зменшення рівня води в колодязях, що зафіксовано нами у період проведення досліджень. Найменші рівні води фіксувались у літньо-осінні періоди, найбільші — у зимово-весняні, що підтверджується і даними авторів [18, 19].

Згідно даних табл. 3, показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води з колодязів на прибережній території Кл більш як у 80% відібраних проб не відповідають нормативам [26].

Фактично, лише вода з колодязю № 2 за більшістю параметрів відповідає нормативним значенням (див. табл. 3). Спостерігаються лише відхилення від нормативних значень коливань концентрацій натрію та в деякі періоди калію і не відповідають нормативам концентрації фторидів.

Таблиця 3

Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу води з колодязів (2016–2017 рр.)

Table 3

Indicators of the physiological value of the mineral composition of water from wells (2016–2017)

Номера колодязів	Діапазон фактичних значень показників						
	Загальна твердість, мг-екв/дм ³	Калій, мг/дм ³	Натрій, мг/дм ³	Кальцій, мг/дм ³	Магній, мг/дм ³	Мінералізація (сухий залишок) г/дм ³	Фториди, мг/дм ³
1	11,3–43,0	17,4–52,0	368,5–517,0	461,0–2168,0	245,0–319,7	4,5–11,3	0,28–0,28
2	4,7–4,9	16,9–39,5	29,9–134,5	56,5–70,2	14,6–26,1	0,39–0,67	0,04–0,43
3	80,9–83,5	14,6–96,4	431,3–1056,7	526,1–621,2	638,4–672,8	6,62–8,82	0,04–0,05
4	7,3–15,9	18,3–38,3	87,4–200,5	82,2–112,6	38,9–128,0	0,99–1,01	0,92–1,03
5	16,6–45,0	24,9–38,4	218,8–419,6	235,7–661,3	60,8–152,0	1,86–3,60	0,04–0,15
6	172,6	24,1	206,8	3006,0	304,4	9,82	0,34
7	10,5	27,0	192,4	86,2	77,8	1,01	0,29
8	11,2	11,4–55,8	261,5–391,2	132,3	55,9	1,05–1,20	0,29–0,34
9	–	–	–	–	–	2,35	0,24
Діапазон нормативних значень показників	1,5–7,0	2–20	2–20	20–75	10–50	0,2–0,5	0,7–1,2

Варто відмітити, що концентрації фторидів у підземних водах майже усіх колодязів (за виключенням колодязю № 4) на території прибережної зони КЛ не досягали навіть рівня мінімальної норми. Отримані дані узгоджуються з даними авторів [29, 30], отриманими при дослідженні фізіологічної повноцінності мінерального складу підземних вод верхньосарматського водоносного горизонту, що експлуатується бюветними комплексами у різних частинах м. Одеса.

Порівняння якості води для питного водопостачання з різних колодязів, оціненої за середніми значеннями окремих показників відповідно до ДСТУ 4808-2007 [27], представлено на рис. 2, 3.

Як видно з наведених на рис. 2 даних, сухий залишок, загальна твердість, вміст сульфатів, хлоридів, іонів магнію у воді з більшості колодязів на території водозбору КЛ коливаються у межах 3–4 класів якості — задовільна, прийнятної якості та посередня, обмежено придатна, небажана якість води відповідно [27]. Клас якості по азоту нітритному дорівнює 2 — добра прийнятна якість води (за виключенням вод з колодязю № 5, див. рис. 2).

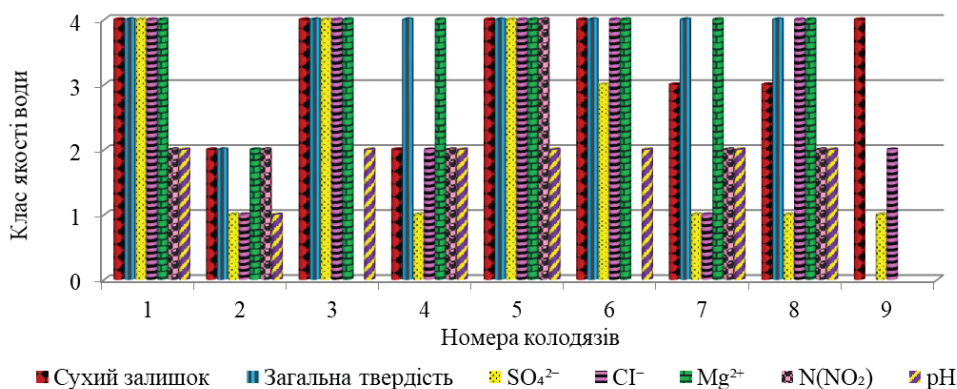


Рис. 2. Клас якості води з колодязів за окремими фізико-хімічними показниками (середні значення 2016–2017 рр.)

Fig. 2. Water quality class from wells by individual physicochemical indicators (average values 2016–2017)

Якість води з колодязів за концентраціями токсичних металів, які відносяться до 2 класу безпеки (Al, Cd, Pb), коливається в основному в межах 2–3 класів якості (за виключенням Cd, див. рис. 3).

Отримані у період 2016–2017 рр. результати свідчать, що найвищою якістю за окремими загально санітарними показниками (середні значення) відрізнялась вода з колодязю № 2 (1–2 класів якості), токсикологічними показниками — вода з колодязю № 4 (1–2 класів якості).

Значення розрахованих відповідно до [27] блокових індексів за загально санітарними (група II) та токсикологічними (група VII) показниками наведені на рис. 4.

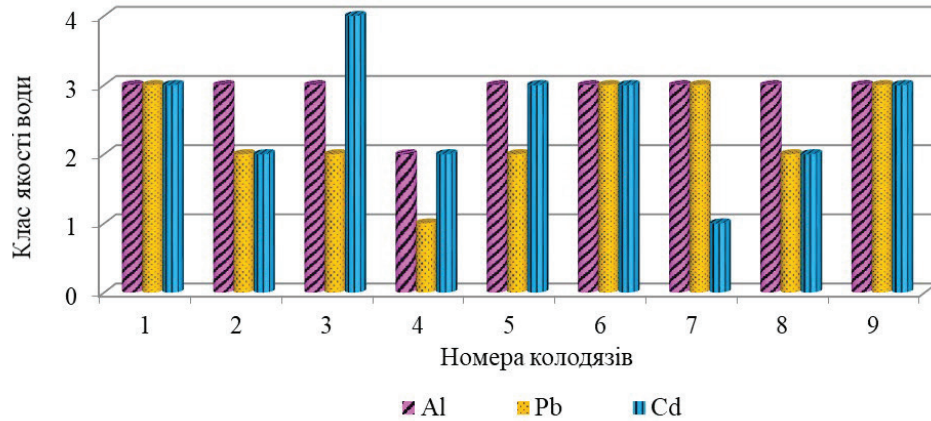


Рис. 3. Клас якості води з колодязів за окремими токсикологічними показниками (середні значення 2016–2017 рр.)

Fig. 3. Quality class of water from wells by individual toxicological indicators (average values 2016–2017)

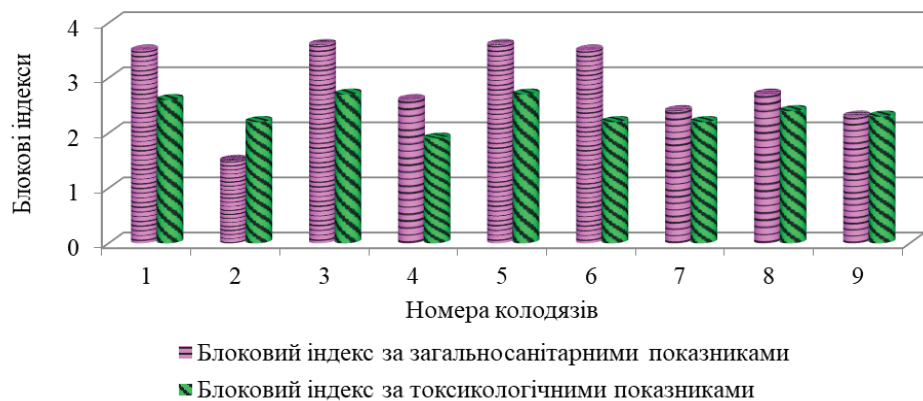


Рис. 4. Порівняння блокових індексів якості води з різних колодязів

Fig. 4. Comparison of block water quality indices from different wells

Згідно з [27] води з колодязів №№ 1, 3, 5, 6 за блоковим індексом для групи II відповідають 3 класу якості води, підкласу 4 — задовільна, слабо забруднена вода з ухилом до класу обмежено придатної небажаної якості; з колодязю № 2 — класу 1 підкласу 2 — відмінна, дуже чиста вода з ухилом до класу доброї, чистої води бажаної якості; з колодязів №№ 4, 7, 8, 9 — класу 2 підкласу 3 — добра, чиста вода з ухилом до класу задовільної, слабо забрудненої прийнятної якості.

За блоковим індексом для групи VII води з колодязів №№ 2, 6, 7, 8 та 9 відповідають класу 2 та класу 2 підкласу 3 — добра чиста вода прийнятної якості та

добра, чиста вода з ухилом до класу задовільної, слабо забрудненої прийнятної якості; з колодязів №№ 1, 3, 5 — класу 2–3 — вода перехідна за якістю від доброї чистої до задовільної, слабо забрудненої; з колодязю № 4 — класу 2 підкласу 1 — добра чиста вода з ухилом до класу відмінної, дуже чистої.

Аналізуючи якість води з колодязів водозбору Кл по значеннях інтегрального індексу якості води (табл. 4) можна зробити висновок, що вода з колодязю № 2 — чиста з ухилом до класу відмінної, дуже чистої, з колодязів №№ 4, 7, 9 — добра, чиста вода з ухилом до класу задовільної, слабо забрудненої прийнятної якості, а з колодязів №№ 1, 3, 5 та 6 — задовільна, слабо забруднена вода прийнятної якості та задовільна, слабо забруднена вода з ухилом до класу доброї, чистої відповідно.

Таблиця 4

**Характеристика якості води з колодязів на території водозбору Кл
за класами по інтегральному індексу**

Table 4

**Characteristics of water quality from wells in the catchment area Kl
by classes according to the integral index**

№ колодязю	Клас та підклас якості	Характеристика якості води за класами по інтегральному індексу
1	3	Задовільна, слабо забруднена вода прийнятної якості
2	2(1)	Добра чиста вода з ухилом до класу відмінної, дуже чистої
3	3	Задовільна, слабо забруднена вода прийнятної якості
4	2(3)	Добра, чиста вода з ухилом до класу задовільної, слабо забрудненої прийнятної якості
5	3	Задовільна, слабо забруднена вода прийнятної якості
6	3(2)	Задовільна, слабо забруднена вода з ухилом до класу доброї, чистої
7	2(3)	Добра, чиста вода з ухилом до класу задовільної, слабо забрудненої прийнятної якості
8	2–3	Вода, перехідна за якістю від доброї, чистої до задовільної, слабо забрудненої
9	2(3)	Добра, чиста вода з ухилом до класу задовільної, слабо забрудненої прийнятної якості

ВИСНОВКИ

Впродовж 2016–2017 рр. вперше проведено моніторинг якості підземних вод з 9-и колодязів на території водозбору гіпергалінного Куяльницького лиману поблизу 5-и населених пунктів (с. Северинівка, с. Ковалівка, с. Іллінка, с. Стара Еметівка, с. Новокубанка) та курорту Куяльник.

Оцінка якості колодязних вод проводилася відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 та ДСТУ 4808-2007 за окремими фізико-хімічними та токсикологічними показниками (за середніми та найгіршими значеннями), блоковими індексами за загально-санітарними (група II) та токсикологічними (група VII) показниками та узагальненим інтегральним індексом. Результати моніторингу засвідчили, що

найвищою якістю за окремими загально-санітарними показниками (середні значення) відрізнялась вода з колодязю № 2 (1–2 класів якості), токсикологічними показниками (середні значення) — вода з колодязю № 4 (1–2 класів якості). За значеннями інтегрального індексу якості води, розрахованого за двома блоковими індексами (групи II та групи VII), вода з колодязю № 2 відноситься до класу 2 підгрупи 1 — добра чиста вода з ухилом до класу відмінної, дуже чистої; з колодязів №№ 4, 7, 9 — до класу 2 підгрупи 3 — добра, чиста вода з ухилом до класу задовільної, слабо забрудненої прийнятної якості; з колодязю № 8 — до класу 2–3 — вода, перехідна за якістю від доброї, чистої до задовільної, слабо забрудненої; з колодязів №№ 1, 3, 5 — до класу 3 — задовільна, слабо забруднена вода прийнятної якості та задовільна, слабо забруднена вода з ухилом до класу доброї, чистої відповідно.

Встановлено, що води з колодязів на прибережній території Кл за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу, більш як у 80% відібраних проб не відповідають нормативам і щоденне використання таких вод у якості питних може бути небезпечним для здоров'я людини.

Вміст нітритів, як одних з найтоксичніших показників сполук азотної групи, майже у всіх колодязях (за винятком води з колодязів №№ 3, 5 в околицях сіл Ковалівка та Іллінка на правобережжі Кл) не перевищував норматив ДСанПіІН 2.2.4-171-10.

Показано, що для цілей водопою рогатої худоби можна використовувати воду з колодязів №№ 1, 2, 4, 5, 7–9 та з обережністю воду з колодязів №№ 3, 6, внаслідок надзвичайно високій мінералізації води. Мінералізація води < 3000 мг/дм³ зазвичай задовольняє потребам більшості худоби, 3000–5000 мг/дм³ може не спричиняти негативного впливу на дорослу худобу, а рівні 7000–10000 мг/дм³ не рекомендуються для використання годуючих жуйних тварин або коней та рівень > 10000 мг/дм³ може спричинити пошкодження мозку або смерть [28].

Результати моніторингу якості колодязних вод необхідні для отримання даних про рівні забруднення поширених у компонентах екосистем Кл токсичних речовин, про їх безпечність для використання в якості питних вод і, зокрема, для водопою худоби, випас якої поширений в долині Куяльницького лиману.

Крім того, отримані вперше у 2016–2017 рр. результати якості підземних вод 9-и колодязів, розташованих у прибережній зоні Куяльницького лиману є фактично основою для подальших фундаментальних та прикладних досліджень щодо динаміки змін їх якості під впливом антропогенних та кліматичних чинників та можуть бути використані для розробки природоохоронних заходів та просвітницької роботи з населенням регіону.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Hlordzi V., Kuebutornye F. K. A., Afriyie G., Abarike E. D., Lu Y., Chi S., Anokyewa M. A. The use of *Bacillus* species in maintenance of water quality in aquaculture. *Aquac. Rep.* 2020, 18, 100503. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100503>
2. Wang F., Harindintwali J. D., Yuan Z., Wang M., Wang F., Li S., Yin Z., Huang L., Fu Y., Li L., Chang S. X., Zhang L., Rinklebe J., Yuan Z., Zhu Q., Xiang L., Tsang D. C. W., Xu L., Jiang X., Chen J. M. Technologies and perspectives for achieving carbon neutrality. *Innovation (Camb)*. 2021, 2(4), 100180. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100180>

3. Braga F. H. R., Dutra M. L. S., Lima N. S., Silva G. M., Miranda R. C. M., Firmo W. C. A., Moura A. R. L., Monteiro A. S., Silva L. C. N., Silva D. F., Silva M. R. C. Study of the influence of physicochemical parameters on the Water Quality Index (WQI) in the Maranhão Amazon. *Brazil. Water*. 2022, 14(10), 1546. <https://doi.org/10.3390/w14101546>
4. Хвесик М. А., Мандзик В. М. Водні ресурси — інвестиція сьогодення і перспектива майбутнього. *Інвестиції: практика та досвід*. 2009, (1), 2–8.
5. Сафранов Т. А., Гусева К. Д., Поліщук А. А., Гольцов В. І., Шаніна Т. П., Бояринцев Є. Л. Якість джерела централізованого водопостачання Одеської промислово-міської агломерації. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2011, (11), 17–26.
6. Петренко Н. Ф., Мокієнко А. В., Платов С. М. Гігієнічна оцінка джерел питного водопостачання та питної води в Одеській області. *Вода: гігієна та екологія*. 2018, 6(1–4), 17–23. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2567375>
7. Педан Г. С., Сенькович А. А. Гідрогеологічні умови та особливості формування підземних вод сарматського водоносного горизонту в південно-західній частині Одеської області. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*. 2015, 20(2(25)), 170–181. <http://visgeo.onu.edu.ua/article/view/60299>
8. Гопченко С. Д., Гриб О. М. Оцінка складових водного балансу Куяльницького лиману та визначення причин сучасного обміління водойми. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. 2010, (51), 200–215.
9. Водний режим та гідрогеологічні характеристики Куяльницького лиману: монографія / за ред. Н. С. Лободи, Є. Д. Гопченка. Одеса: ТЕС, 2016. 332 с.
10. Тучковенко Ю. С., Хохлов В. М., Лобода Н. С., Кушнір Д. В., Серга Е. М. Вплив змін клімату на гідрологічний і гідрогеологічний режими лиманів північно-західного Причорномор'я: монографія / за ред. Ю. С. Тучковенко. Одеса: ТЕС, 2022. 202 с.
11. Эннан А. А., Шихалеев И. И., Шихалеева Г. Н., Адобовский В. В., Кирюшкина А. Н. Причины и последствия деградации Куяльницкого лимана (Северо-Западное Причерноморье, Украина). *Вісник Одеського національного університету. Хімія*. 2014, 19(3(51)), 60–69. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3\(51\).40404](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3(51).40404)
12. Shikhaleyeva G. M., Ennan A. A., Chursina O. D., Shikhaleyev I. I., Yurchenko Yu. Yu. Ecological and geochemical assessment of Kuyalnik Estuary. *Біологія та валеологія: зб. наук. пр. Харків. нац. пед. ун-ту ім. Г. С. Сковороди*. 2017, (19), 199–207. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1109597>
13. Енциклопедія Куяльницького лиману: у 8 т. / за ред. А. А.-А. Эннана. Т. 1: Судинні рослини узбережжя / Т. В. Васильєва, А. А.-А. Эннан, Г. М. Шихалєєва; за ред. А. А.-А. Эннана, О. М. Царенко. Київ: Освіта України, 2018. 336 с.; Т. 2: Водорості / В. П. Герасимюк, А. А.-А. Эннан, Г. М. Шихалєєва; за ред. П. М. Царенко, А. А.-А. Эннана. Одеса: Астропринт, 2020. 438 с.; Т. 3: Рослинність / Д. В. Дубина, А. А.-А. Эннан, Л. П. Вакаренко, Т. П. Дзюба, Г. М. Шихалєєва, Г. М. Кірюшкіна; за ред. Д. В. Дубини, А. А.-А. Эннана. Київ: Освіта України, 2021. 608 с.; Т. 4: Лікарські рослини / Г. М. Шихалєєва, А. А.-А. Эннан, П. М. Царенко, О. М. Царенко, Г. М. Кірюшкіна; за ред. П. М. Царенко, А. А.-А. Эннана. Київ: Освіта України, 2021. 400 с.
14. Dubyna D. V., Ennan A. A.-A., Dziuba T. P., Vakarenko L. P., Shykhaleyeva G. N., Kiryushkina N. M. Anthropogenic transformations of vegetation in the Kuyalnik estuary valley (Ukraine, Odesa district). *Diversity*. 2022, 14(12), 1115. <https://doi.org/10.3390/d14121115>
15. Shykhaleyeva G. M., Kiryushkina G. M. Accumulation of heavy metals (Cu, Cr, Pb, Cd) in aquatic invertebrates from the hyperhaline Kuyalnik estuary (Ukraine, North-Western Black Sea region). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Екологія*. 2025, (32), 124–133. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2025-32-09>
16. Отчёты о работе гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции за 1953, 1954, 1959-1972, 1974, 1975, 1976, 1977-1985, 1986-1988, 1991-1997 годы. Одесса.
17. Геоэкологический анализ ситуации и разработка схем мероприятий по улучшению водно-солевого режима Куяльницкого лимана. *Отчет о научно-исследовательской работе* / под ред. Г. И. Швевса. Одесса, 1995. 195 с.
18. Черкез Є. А., Медінець В. І., Тюрєміна В. Г., Праведний В. М. Оцінка обсягів субаквального живлення Куяльницького лиману підземними водами. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017, (3–4(28)), 57–65. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2017-28-06>
19. Черкез Є. А., Медінець В. І., Газетов Є. І., Медінець С. В., Погребна О. О., Світличний С. В. Особливості живлення Куяльницького лиману підземними водами. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Екологія*. 2017, (17), 6–19.

20. Маринич О. М., Пархоменко Г. О., Петренко О. М., Шищенко П. Г. Удосконалена схема фізико-географічного районування України. *Український географічний журнал*. 2003, (1), 16–20.
21. Будкіна Л. Г., Козинцева Л. М., Пустовойт С. П., Келембет В. Г. Схема гідрологічного районування України. *Географічні дослідження на Україні*. 1969, (1), 157–172.
22. Камзіт Ж. С., Шевченко О. Л. Гідрогеологія України: навч. посіб. для студентів геол., геогр. та екол. спец. вищ. навч. закл. Київ: Інкос, 2009. 614 с.
23. Молодых И. И., Усенко В. П., Палатная Н. Н. Геология шельфа УССР. Лиманы. Киев: Наукова думка, 1984. 176 с.
24. Шихалєєва Г. Н., Эннан А. А., Чурсина О. Д., Шихалєєв И. И., Кірюшкіна А. Н., Кузьміна И. С. Многолетняя динамика водно-солевого режима Куяльницького лимана. *Вісник Одеського національного університету. Хімія*. 2013, 18(3(47)), 67–78. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2013.3\(47\).31160](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2013.3(47).31160)
25. Кірюшкіна Г. М., Шихалєєва Г. М. Динаміка морфометричних характеристик Куяльницького лиману у 2024 р. з використанням методів дистанційного зондування землі. *Global trends in science and education: proceedings of the 5th International scientific and practical conference (2–4 June 2025)*. Kyiv: SPC “Sci-conf.com.ua”, 2025. P. 433–439.
26. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-2010). *Офіційний вісник України*. 2010, (51), 99.
27. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. [Чинний від 05.07.2007]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 40 с.
28. СОУ 41.00-37-422:2006. Води поверхневі та підземні. Настанови щодо використання у тваринництві та птахівництві [Стандарт Мінагрополітики України]. Київ, 2006. 18 с.
29. Сафранов Т. А., Полищук А. А., Волков А. И., Гусева Е. Д., Конькова А. И., Ярчук Ю. А. Физиологическая полноценность минерального состава питьевых вод Одесской агломерации. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2013, (15), 5–16. http://eprints.library.odetu.edu.ua/4117/1/hosenu_15_2013_5.pdf
30. Сафранов Т. А., Грабко Н. В., Полищук А. А., Трохименко Г. Г. Збалансованість мінерального складу питних вод як чинник впливу на здоров'я населення міських агломерацій Північно-Західного Причорномор'я. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2016, (20), 5–17.

Стаття надійшла до редакції 28.09.2025

Стаття прийнята до друку після рецензування 07.10.2025

Стаття опублікована 29.12.2025

G. M. Shykhaleeva, H. M. Kiryushkina

Odesa I. I. Mechnikov National University,
Physical-Chemical Institute for Human Health and Environment Protection
18 Preobrazhenska St, Odesa, 65082, Ukraine; e-mail: i.l.monitoring@ukr.net

ASSESSMENT OF WATER QUALITY FROM WELLS IN THE KUIALNYK ESTUARY WATER CATCHMENT AREA (NORTHWESTERN BLACK SEA, UKRAINE)

The work is devoted to the study of the physical-chemical composition of water from nine wells located in the coastal zone of the hyperhaline Kuialnyk Estuary, the assessment of its quality and suitability for human consumption and animal husbandry, in particular as drinking water. Water analysis was carried out in accordance with the requirements of DSanPiN 2.2.4-171-10 for 22 indicators (dry residue, total hardness, hydrogen index, sulfates, chlorides, magnesium, calcium, sodium, potassium, nitrite nitrogen, fluorides, silicium, aluminum, cuprum, lead, total iron, manganese, chromium (VI), zinc, cadmium, vanadium). The quality class of groundwater from wells was assessed in accordance with DSTU 4808-2007 based on individual indicators (average and worst values), block indices for general sanitary (group II) and toxicological (group VII) indicators, and a generalized integral index. The

quality of groundwater in wells was also assessed in terms of the physiological adequacy of their mineral composition. The results of the research showed that in more than 50% of cases, the total hardness and mineralization of well water exceeded the quality standards for human consumption, and in 25% of cases, it was unsuitable ($>5000 \text{ mg/dm}^3$) for watering livestock. At the same time, water from well, No. 2 (1–2 quality classes) was distinguished by the highest quality according to certain general sanitary indicators (average values), while water from well No. 4 (1–2 quality classes) was distinguished by toxicological indicators (average values). According to the summary of calculations, the specified block and integral indices of water from wells belong to the second and third quality classes — good water of acceptable quality and satisfactory water of acceptable quality and slightly polluted, leaning towards the class of limited suitability. With regard to the physiological adequacy of the mineral composition of water from wells, more than 80% of the samples taken exceeded the standards of DSanPiN 2.2.4-171-10 for all regulated indicators. The results of monitoring the quality of well water are necessary to obtain data on the levels of contamination of toxic substances common in ecosystem components, their safety for use as drinking water and, in particular, for watering livestock, which is commonly grazed in the Kuialnyk Estuary valley. In addition, the results obtained can be used to develop environmental protection measures and educational work with the population of the region.

Keywords: wells, drinking water, general sanitary chemical and toxicological indicators, water quality classes

REFERENCES

1. Hlordzi V., Kuebutornye F. K. A., Afriyie G., Abarike E. D., Lu Y., Chi S., Anokyewa M. A. The use of *Bacillus* species in maintenance of water quality in aquaculture. *Aquac. Rep.* 2020, 18, 100503. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100503>
2. Wang F., Harindintwali J. D., Yuan Z., Wang M., Wang F., Li S., Yin Z., Huang L., Fu Y., Li L., Chang S. X., Zhang L., Rinklebe J., Yuan Z., Zhu Q., Xiang L., Tsang D. C. W., Xu L., Jiang X., Chen J. M. Technologies and perspectives for achieving carbon neutrality. *Innovation (Camb.)* 2021, 2(4), 100180. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100180>
3. Braga F. H. R., Dutra M. L. S., Lima N. S., Silva G. M., Miranda R. C. M., Firmo W. C. A., Moura A. R. L., Monteiro A. S., Silva L. C. N., Silva D. F., Silva M. R. C. Study of the influence of physicochemical parameters on the Water Quality Index (WQI) in the Maranhão Amazon. *Brazil. Water.* 2022, 14(10), 1546. <https://doi.org/10.3390/w14101546>
4. Khvesyk M. A., Mandzyk V. M. Vodni resursy — investytsiia siohodennia i perspektyva maibutnoho [Water resources — investment of the present and prospects of the future]. *Invest. prakt. dosvid* [Investytsii: Praktyka ta Dosvid]. 2009, (1), 2–8. [in Ukrainian].
5. Safranov T. A., Gusyeva K. D., Polishchuk A. A., Goltsov V. I., Shanina T. P., Boyaryntsev Ye. L. Yakist dzherela tsentralizovanoho vodopostachannia Odeskoi promyslovo-miskoi ahlomeratsii [Quality of the source of centralized water supply of the Odessa industrial-and-urban agglomeration]. *Visn. Odes. derž. ekol. univ.* [Bulletin of Odessa State Environmental University]. 2011, (11), 17–26. [in Ukrainian].
6. Petrenko N. F., Mokiienko A. V., Platov S. M. Hihiiienichna otsinka dzherel pytnoho vodopostachannia ta pytnoi vody v Odeskii oblasti [Hygienic assessment of sources of drinking water supply and drinking water in the Odessa region]. *Voda: hihiiiena ta ekolohiia* [Water: Hygiene and Ecology]. 2018, 6(1–4), 17–23. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2567375> [in Ukrainian].
7. Pedan H. S., Senkovich A. A. Hidroheolohichni umovy ta osoblyvosti formuvannia pidzemnykh vod sarmatskoho vodonosnoho horyzontu v pvidenno-zakhidnii chastyni Odeskoi oblasti [Hydrogeological conditions and features formation of groundwater sarmatian aquifer in the southwestern part of Odessa region]. *Visn. Odes. nac. univ., Geograf. geol. nauki* [Odessa National University Herald. Geography and Geology]. 2015, 20(2(25)), 170–181. <http://visgeo.onu.edu.ua/article/view/60299> [in Ukrainian].
8. Gopchenko E. D., Grib O. M. Otsinka skladovykh vodnoho balansu Kuialnytskoho lymanu ta vyznachennia prychnyn suchasnoho obmilinnia vodoimy [Estimation of constituents of water balance of Kuialnyk estuary and determination of reasons of the modern shallowing of reservoir]. *Meteorologîa, klimatologîa i gidrologîa* [Meteorology, Climatology and Hydrology]. 2010, (51), 200–215. [in Ukrainian].

9. Vodnyi rezhym ta hidroekolohichni kharakterystyky Kuialnytskoho lymanu: monohrafiia [Water regime and hydroecological characteristics of Kuialnyk estuary: a monograph] / ed. by N. S. Loboda, Ye. D. Hopchenko. Odesa: TES, 2016. 332 p. [in Ukrainian].
10. Tuchkovenko Yu. S., Khokhlov V. M., Loboda N. S., Kushnir D. V., Serga E. M. Vplyv zmin klimatu na hidrolohichni i hidroekolohichni rezhymy lymaniv pivnichno-zakhidnoho Prychornomoria: monohrafiia [Climate change impact on hydrological and hydroecological regimes of lagoons on the North-Western Black Sea coast: a monograph] / ed. by Yu. S. Tuchkovenko. Odesa: TES, 2022. 202 p. [in Ukrainian].
11. Prichyny i opsledstviya degradatsii Kuyalnitskogo limana (Severo-Zapadne Prichernomor'e, Ukraina) [Effects of Kuyalnik estuary degradation (North-Western Black Sea region, Ukraine)]. *Visn. Odes. nac. univ., Him.* [Odesa National University Herald. Chemistry]. 2014, 19(3(51)), 60–69. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3\(51\).40404](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3(51).40404). [in Russian].
12. Shikhaleyeva G. M., Ennan A. A., Chursina O. D., Shikhaleyev I. I., Yurchenko Yu. Yu. Ecological and geochemical assesement of Kuyalnik Estuary. *Biol. valeol.* [Biology and valeology]. 2017, (19), 199–207. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1109597>
13. Entsiklopedia Kuialnytskoho lymanu [Encyclopedia the Kuialnyk estuary]: in. 8 vols. / ed. by A. A.-A. Ennan. Vol. 1: Sudynni roslyny uzberezhzhia [Vascular plants in coastal area] / T. V. Vasyliieva, A. A.-A. Ennan, G. M. Shykhaleyeva; ed. by A. A.-A. Ennan, O. M. Tsarenko. Odesa: Osvita Ukrainy, 2017. 340 p. Vol. 2: Vodorosti [Algae] / V. P. Gerasymiuk, A. A.-A. Ennan, G. M. Shykhaleyeva; ed. by P. M. Tsarenko, A. A.-A. Ennan. Odesa: Astroprynt, 2020. 438 p. Vol. 3: Roslynnist [Vegetation] / D. V. Dubyna, A. A.-A. Ennan, L. P. Vakarenko, T. P. Dziuba, G. M. Shykhaleyeva, H. M. Kiryushkina; ed. by D. V. Dubyna, A. A.-A. Ennan. Odesa: Osvita Ukrainy, 2021. 608 p. Vol. 4: Likarski roslyny [Medicinal plants] / G. M. Shykhaleyeva, A. A.-A. Ennan, P. M. Tsarenko, O. M. Tsarenko, H. M. Kiryushkina; ed. by P. M. Tsarenko, A. A.-A. Ennan. Kyiv: Osvita Ukrainy, 2021, 400 p. [in Ukrainian].
14. Dubyna D. V., Ennan A. A.-A., Dziuba T. P., Vakarenko L. P., Shykhaleyeva G. N., Kiryushkina H. M. Anthropogenic transformations of vegetation in the Kuyalnik estuary valley (Ukraine, Odesa district). *Diversity*. 2022, 14(12), 1115. <https://doi.org/10.3390/d14121115>
15. Shykhaleyeva G. M., Kiryushkina G. M. Accumulation of heavy metals (Cu, Cr, Pb, Cd) in aquatic invertebrates from the hyperhaline Kuyalnyk estuary (Ukraine, North-Western Black Sea region). *Visn. Hark. nac. univ. im. V.N. Karazina, Ser. Ekol.* [Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Ecology]. 2025, (32), 124–133. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2025-32-09>
16. Otchyoty o rabote gidrogeologicheskoy rezhimno-ekspluatatsionnoy stantsii za 1953, 1954, 1959–1972, 1974, 1975, 1976, 1977–1985, 1986–1988, 1991–1997 gody. Odesa. [in Russian].
17. Geoekologicheskyy analiz situatsii i razrabotka skhem meropriyatiy po uluchsheniyu vodno-solevoho rezhyma Kuyalnitskogo limana [Geoecological analysis of situation and development of water-salt regime of Kuialnyk estuary improvement actions]. *Otchyot o nauchno-issledovatel'skoy rabote* [Report on research activities] / ed. by G. I. Shwebs. Odessa, 1995. 195 p. [in Russian].
18. Cherkez Ye. A., Medinets V. I., Tyuremina V. G., Pravednyi V. M. Otsinka obsiahiv subakvalnoho zhyvlennia Kuialnytskoho lymanu pidzemnymi vodamy [Assessment of volume of the Kuialnyk estuary subaqueous feeding with groundwater]. *Ludina dokillá, Probl. neokol.* [Man and Environment. Issues of Neocology]. 2017, (3–4(28)), 57–65. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2017-28-06> [in Ukrainian].
19. Cherkez Ye. A., Medinets V. I., Gazyetov Ye. I., Medinets S. V., Pogravnaya O. O., Svitlychnyi S. M. Osoblyvosti zhyvlennia Kuialnytskoho lymanu pidzemnymi vodamy [Features of constituents in the Kuyalnyk estuary groundwater inflow]. *Visn. Hark. nac. univ. im. V. N. Karazina, Ser. Ekol.* [Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Ecology]. 2017, (17), 6–19. [in Ukrainian].
20. Marynych O. M., Parkhomenko H. O., Petrenko O. M., Shyshchenko P. H. Udoshkonalena skhema fizyko-heohrafichnoho raionuvannia Ukrainy [Improved physical and geographical regionalization scheme of Ukraine]. *Ukr. geogr. ž.* [Ukrainian Geographical Journal]. 2003, (1), 16–20. [in Ukrainian].
21. Budkina L. H., Kozyntseva L. M., Pustovoit S. P., Kelembet V. H. Skhema hidrolohichnoho raionuvannia Ukrainy [Hydrological regionalization scheme of Ukraine]. *Heohrafichni doslidzhennia na Ukraini* [Geographical research in Ukraine]. 1969, (1), 157–172. [in Ukrainian].
22. Kamzist Zh. S., Shevchenko O. L. Hidroheolohiia Ukrainy: navchalnyi posibnyk dlia studentiv heolohichnykh, heohrafichnykh ta ekolohichnykh spetsialnostei vyshchykh navchalnykh zakladiv [Hydrogeology of Ukraine: a textbook for higher institution students of geological, geographical and environmental specialities]. Kyiv: Inkos, 2009. 614 p. [in Ukrainian].
23. Molodykh I. I., Usenko V. P., Palatnaya N. N. Geologiya shelfa USSR. Limany [Geology of the shelf of the USSR. Limans]. Kyiv: Naukova dumka, 1984. 176 p. [in Russian].

24. Shykhaleyeva G. N., Ennan A. A., Chursina O. D., Shykhaleyev I. I., Kiryushkina A. N., Kuzmina I. S. Mno-goletnyaya dinamika vodno-solevogo rezhima Kuyal'nitskogo limana Long-term studies of water-salt regime dynamics in Kuyalnik estuary]. *Visn. Odes. nac. univ., Him.* [Odesa National University Herald. Chemistry]. 2013, 18(3(47)), 67–78. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2013.3\(47\).31160](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2013.3(47).31160) [in Russian].
25. Kiryushkina G. M., Shykhaleyeva G. M. Dynamika morfometrychnykh kharakterystyk Kuialnytskoho lymanu u 2024 r. z vykorystanniam metodiv dystantsiinoho zonduvannia zemli [Dynamics of morphometric characteristics of the Kuialnyk estuary in 2024 using remote sensing methods]. *Global trends in science and education: proceedings of the 5th International scientific and practical conference (2–4 June 2025)*. Kyiv: SPC “Sci-conf. com.ua”, 2025. P. 433–439. [in Ukrainian].
26. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla “Hihienichni vymohy do vody pytnoyi, pryznachenoi dlia spozhyvannia liudynoiu” (DSanPiN 2.2.4-171-2010) [State sanitary norms and rules “Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption” (SSanNaR 2.2.4-171-2010)]. *Ofitsiyni visnyk Ukrainy* [Official Bulletin of Ukraine]. 2010, (51), 99. [in Ukrainian].
27. DSTU 4808:2007. Dzherela tsentralizovanoho pytneho vodopostachannia. Hihienichni ta ekolohichni vymohy shchodo yakosti vody i pravyla vybyrannia” [State Standard of Ukraine (DSTU) 4808:2007. Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and environmental requirements for water quality and selection rules”] [Effective as of 05.07.2007]. Kyiv: Derzhspozhyvstandard Ukrainy, 2007. 40 p. [in Ukrainian].
28. SOU 41.00-37-422:2006. Vody poverkhnivi ta pidzemni. Nastanovy shchodo vykorystannia u tvarynnytstvi ta ptakhivnytstvi (Standart Minahropolityky Ukrainy) [Standard of organization of Ukraine (SOU) 41.00-37-422:2006. Surface and underground waters. Instructions on the use in livestock and poultry production (Standard of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine)]. Kyiv, 2006. 18 p. [in Ukrainian].
29. Safranov T. A., Polishchuk A. A., Volkov A. I., Gusyeva K. D., Konkova A. I., Yarchuk Yu. A. Fiziologiches-kaya polnotsennost' mineralnogo sostava pit'evykh vod Odesskoy aglomeratsii [Physiological adequacy of the mineral composition of drinking-waters in Odessa agglomeration]. *Visn. Odes. derž. ekol. univ.* [Bulletin of Odesa State Environmental University]. 2013, (15), 5–16. http://eprints.library.odetu.edu.ua/4117/1/hosenu_15_2013_5.pdf [in Russian].
30. Safranov T. A., Grabko N. V., Polishchuk A. A., Trokhimenko A. G. Zbalansovanist mineralnogo skladu pytnykh vod yak chynnyk vplyvu na zdorovia naselennia miskykh ahlomeratsii Pivnichno-Zakhidnoho Prychornomoria [Balanced mineral composition of drinking water as a factor of influence on health of the population of urban agglomerations of the Northwest Black Sea region]. *Visn. Odes. derž. ekol. univ.* [Bulletin of Odesa State Environmental University]. 2016, (20), 5–17. [in Ukrainian].

ORCID iDs

Г. М. Шихалєєва: <https://orcid.org/0000-0002-1475-4415>

Г. М. Кірюшкіна: <https://orcid.org/0000-0003-4445-9879>