

ВОДНИЙ РЕЖИМ ТА ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ

Монографія

за редакцією д.геогр.н., проф. Лободи Н.С.
д.геогр.н., проф. Гопченка Є.Д.

Одеса
ТЕС
2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ВОДНИЙ РЕЖИМ ТА
ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ**

Монографія

*Рекомендовано до друку вченою радою Одеського державного
екологічного університету Міністерства освіти і науки України
(протокол № 10 від 29.10.2015р.)*

ОДЕСА
ТЕС
2016

ББК 26.22
В 62
УДК 556.55

Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: Монографія / за ред. Н.С. Лободи, Є.Д. Гопченка. Одеськ. держ. екол-ний ун-т, – Одеса: ТЕС, 2016. – 332 с., іл. 101, табл. 71, бібл. 389.

Досліджено зміни кліматичних, гідрологічних, гідрохімічних, гідробіологічних, гідроекологічних характеристик поверхневих вод в басейні Куяльницького лиману, які відбулися внаслідок змін клімату та водогосподарської діяльності на початку ХХІ сторіччя. Виконана оцінка впливу водогосподарської діяльності на стан водних ресурсів. Наданий опис видів та масштабів водогосподарських перетворень. Оцінено водні ресурси річок, які живлять лиман у природних та порушених водогосподарською діяльністю умовах в сучасності та за кліматичними сценаріями. Показано, що основним джерелом надходження води у Куяльницький лиман у найближчі роки можуть бути морські води Одеської затоки. Надана оцінка рівнів і мінералізації при різних варіантах подачі морської води. Наведені результати моделювання просторово-часової мінливості гідрологічних характеристик Куяльницького лиману, отриманні із використанням числової гідротермодинамічної моделі.

Water regime and hydroecological characteristics of Kuyalnitskyi Liman: Monograph / N.S. Loboda, E.D. Gopchenko, Eds. Odessa State Environmental University. – Odessa: TES 2016. – 332 p.

The changes of climatic, hydrological, hydrochemical, hydrobiological, hydroecological characteristics of surface water in the Kuyalnitskyi Liman basin that occurred as a result of climate change and water management at the beginning of the XXI century are investigated. The influence of water management on water resources is assessed. Types and scales of water management transformations are described. The assessment of the water resources of the rivers that feed the liman in natural and disturbed by water management activities conditions in present and future (using climatic scenarios) is done. It is shown that the main source of water in the Kuyalnitskyi Liman in the nearest years can be the sea water from the Odessa Bay. The levels and salinity in different variants of sea water feed are estimated. The results of spatial and temporal variability modelling of hydrological characteristics of Kuyalnitskyi Liman are obtained using numerical hydrothermodynamic model.

Відповідальні редактори:

д.геогр.н., проф. Н.С. ЛОБОДА, д.геогр.н., проф. Є.Д. ГОПЧЕНКО
Рецензенти: д.геогр.н., проф. С.І. Сніжко, д.геогр.н., с.н.с. О.Р. Андріанова

Рекомендовано до друку вченою радою Одеського державного екологічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 10 від 29.10.2015 р.)

Колектив авторів:

Н.С. Лобода, д.геогр.н., проф.; **Є.Д. Гопченко**, д.геогр.н., проф.; **С.М. Степаненко**, д.ф.-м.н., проф.; **Ю.С. Тучковенко**, д.геогр.н., проф.; **М.Г. Сербов**, к.геогр.н., доц., **О.М. Гриб**, к.геогр.н., доц.; **О.М. Килимник**, к.б.н.; **В.А. Овчарук**, к.геогр.н., доц.; **Ю.В. Божок**, к.геогр.н.; **Д.В. Кушнір**; **Я.С. Яров**.

ISBN 978-617-7337-24-8

© Одеський державний екологічний університет, 2016

ЗМІСТ

Вступ (<i>Степаненко С.М., Лобода Н.С.</i>)	7
Розділ 1. Басейн Куяльницького лиману як еколого-економічна система та перспективи її розвитку (<i>Сербов М.Г.</i>)	14
1.1 Ефективність природоохоронної діяльності як фактора безпеки та збалансованості розвитку економіко-екологічної системи.....	15
1.2 Задачі екологізації економіки.....	20
1.3 Економіко-екологічні підходи до розробки інтегрованого управління водними ресурсами в басейні Куяльницького лиману.....	25
Розділ 2. Природні ресурси басейну Куяльницького лиману в умовах екологічної кризи (<i>Лобода Н.С., Гриб О.М.</i>).....	34
2.1 Загальні відомості про басейн.....	34
2.2 Кліматичні ресурси.....	40
2.2.1 Кліматичні особливості на території лиману.....	42
2.3 Мінеральні ресурси.....	45
2.3.1 Гідрогеологічні особливості басейну.....	46
2.4 Земельні ресурси.....	48
2.5 Водні ресурси.....	51
2.6 Рекреаційні ресурси.....	53
Розділ 3. Оцінка змін навколоводної та водної біоти басейну Куяльницького лиману в умовах господарської діяльності та глобального потепління (<i>Килимник О.М.</i>)	59
3.1 Загальна характеристика наземної суходільної екосистеми Куяльницького лиману.....	63
3.1.1 Характеристика фонові консортотвірної рослинності та фітоценотичні осередки в наземних суходільних біотопах басейну Куяльницького лиману.....	66
3.2 Характеристика таксоценів бджолиних та їх паразитоїдів як маркерів стану наземної екосистеми басейну Куяльницького лиману.....	69
3.3 Сучасний стан гігрофільної навколоводної біоти басейну Куяльницького лиману на прикладі річок В. Куяльник, Довбока, Кубанка.....	78
3.4 Сучасний стан водної біоти Куяльницького лиману.....	81
3.5 Оцінка можливих якісних змін біологічних показників за динамікою гіротермічного та гідроекологічного режимів в басейні Куяльницького лиману.....	84
3.6 Узагальнення результатів оцінки сучасного стану та прогноз змін наземної водної біоти басейну Куяльницького лиману.....	88
Розділ 4. Водогосподарські перетворення в акваторії та басейні	

Куяльницького лиману і рекомендації щодо заходів з оптимізації водогосподарської діяльності у майбутньому (<i>Гриб О.М.</i>)	94
4.1 Історичні відомості про поповнення лиману водами Чорного моря та з інших водойм.....	94
4.1.1 Господарські перетворення Куяльницького лиману для промислового видобування солі та штучне поповнення водойми морськими водами з Одеської затоки у ХІХ столітті.....	94
4.1.2 Характеристика солепромислів та штучне поповнення південної частини лиману морською водою через з'єднувальний канал у ХХ столітті.....	97
4.1.3 Наповнення Куяльницького лиману водами Хаджибейського лиману.....	97
4.1.4 Поповнення лиману з водойм пересипу та фільтрація морських вод.....	97
4.1.5 Гідротехнічна споруда для поповнення Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки у 2014-2015 роках.....	101
4.2 Водогосподарські споруди в басейні Куяльницького лиману...	102
4.3 Оцінка впливу ставків, водосховищ і шлюзів-регуляторів на русловий стік в гирлі р. В.Куяльник за даними гідрологічних вимірювань.....	104
4.4 Водогосподарські споруди на річках і балках східного берега лиману.....	106
4.5 Оцінка замулювання річок Довбока та Кубанка у сучасних умовах (після паводка 24 травня 2012 року).....	112
4.6 Рекомендації щодо заходів з оптимізації водогосподарської діяльності для підвищення водності річок і балок басейну Куяльницького лиману у майбутньому.....	113
Розділ 5. Гідрохімічна характеристика та якість води водних об'єктів басейну Куяльницького лиману (<i>Гриб О.М., Яров Я.С.</i>).....	119
5.1 Хімічний склад атмосферних опадів в басейні лиману.....	119
5.2 Гідрохімічна характеристика підземних вод в басейні лиману..	123
5.3 Фізико-хімічні властивості та мінералізація ропи лиману.....	126
5.4 Гідрохімічна характеристика водойм басейну р. В. Куяльник...	135
5.5 Гідрохімічна характеристика річок Довбока та Кубанка, балок Гільдендорфська та Корсунцівська.....	138
5.6 Гідрохімічна характеристика ставків пересипу між лиманом і морем.....	141
5.7 Визначення якості вод річок Довбока та Кубанка, балок Гільдендорфська та Корсунцівська, водойм пересипу за методикою екологічної оцінки	142
5.8 Оцінка якості води річок Довбока та Кубанка, балок	

Гільдендорфська та Корсунцівська, водойм пересипу за комбінаторним індексом забруднення	146
5.9 Оцінка придатності підземних (грунтових) вод річок Довбока та Кубанка для споживання людиною.....	149
Розділ 6. Водні ресурси басейну Куяльницького лиману в умовах змін клімату (<i>Лобода Н.С., Гопченко Є.Д.</i>).....	153
6.1 Оцінка водних ресурсів за даними спостережень.....	154
6.2 Оцінка змін кліматичних чинників формування стоку на початку ХХІ сторіччя.....	158
6.3 Теоретичні основи визначення природних водних ресурсів за моделлю «клімат–стік».....	170
6.4 Оцінка природних водних ресурсів за моделлю «клімат–стік»..	177
6.5 Теоретичні основи визначення водних ресурсів в умовах водогосподарської діяльності за моделлю «клімат–стік».....	180
6.6 Оцінка водних ресурсів минулого сторіччя в умовах водогосподарських перетворень на основі моделі «клімат–стік».....	185
Розділ 7. Оцінка змін кліматичних чинників та водних ресурсів басейну Куяльницького лиману за сценаріями глобального потепління (<i>Лобода Н.С., Божок Ю.В.</i>).....	188
7.1 Обґрунтування вибору регіонального кліматичного сценарію для оцінки змін водних ресурсів в межах водозбору Куяльницького лиману	190
7.2 Методологія оцінки природних водних ресурсів за моделлю «клімат–стік» на основі сценаріїв змін клімату.....	196
7.3 Оцінка змін кліматичних чинників за сценаріями глобального потепління.....	197
7.4 Оцінка змін характеристик посух за сценаріями глобального потепління.....	203
7.5 Оцінка змін характеристик посушливості клімату за сценаріями глобального потепління.....	205
7.6 Оцінка можливих змін водних ресурсів за моделлю «клімат–стік» на основі кліматичних сценаріїв.....	207
Розділ 8. Максимальний стік річок і балок в басейні Куяльницького лиману (<i>Гопченко Є.Д., Овчарук В.А.</i>)	218
8.1 Науково-методична база для розрахунку максимальних витрат води	218
8.2 Визначення розрахункових характеристик весняного водопілля	222
8.3 Визначення розрахункових характеристик дощових паводків	226
8.4 Про можливі зміни величин максимальних витрат води паводків і водопіль під впливом змін клімату (за сценарієм	

глобального потепління).....	230
Розділ 9. Оцінка рівнів і мінералізації води Куяльницького лиману при різних варіантах надходження морської води з Одеської затоки (Гриб О.М.)	234
9.1 Математична структура моделі водно-сольового балансу лиману	234
9.2 Визначення об'єму та мінералізації атмосферних опадів.....	237
9.3 Визначення об'єму та мінералізації припливних вод до лиману.....	239
9.4 Визначення випаровування з водної поверхні лиману.....	242
9.5 Визначення об'ємів припливу морських вод через трубопровід «море-лиман» та їх мінералізації.....	244
9.6 Калібрування та верифікації моделі водно-сольового балансу лиману з використанням архівних даних.....	246
9.7 Оцінка рівнів і мінералізації води та кількості солей в Куяльницькому лимані при різних варіантах подачі морської води	251
Розділ 10. Чисельне моделювання мінливості гідрологічних характеристик Куяльницького лиману (Тучковенко Ю.С., Кушнір Д.В.).....	261
10.1 Опис гідротермодинамічної моделі.....	261
10.2 Адаптація гідротермодинамічної моделі до умов Куяльницького лиману.....	266
10.3 Обговорення результатів адаптації моделі.....	270
10.4 Валідація моделі.....	270
Висновки (Лобода Н.С., Тучковенко Ю.С.).....	284
Список літератури.....	300

РОЗДІЛ 5

ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ЯКІСТЬ ВОДИ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ БАСЕЙНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ

5.1 Хімічний склад атмосферних опадів в басейні лиману

Для характеристики мінливості показників хімічного складу атмосферних опадів в басейні Куяльницького лиману використані дані вимірювань на двох метеостанціях в пункті смт. Любашівка, метеостанція «Любашівка») та в пункті м. Одеса (метеостанція «Одеса-Обсерваторія») за період з 1995 по 2006 рр. (рис. 5.1-5.3) [1, 2]. Крім того, для оцінки хімічного складу вод, що надходили на водну поверхню Куяльницького лиману з атмосферними опадами в період з 1962 по 1985 рр., використані середні та фонові дані багаторічних гідрохімічних спостережень в районі м. Одеса (табл. 5.1) [3] та результати вимірювань ОДЕКУ за період з 2013 по 2015 рр. (рис. 5.4 та 5.5) [4, 5]. Хімічний склад атмосферних опадів в цих пунктах визначався за даними про концентрації головних іонів (аніонів і катіонів), азоту амонійного і нітратного, мінералізації та рН води.

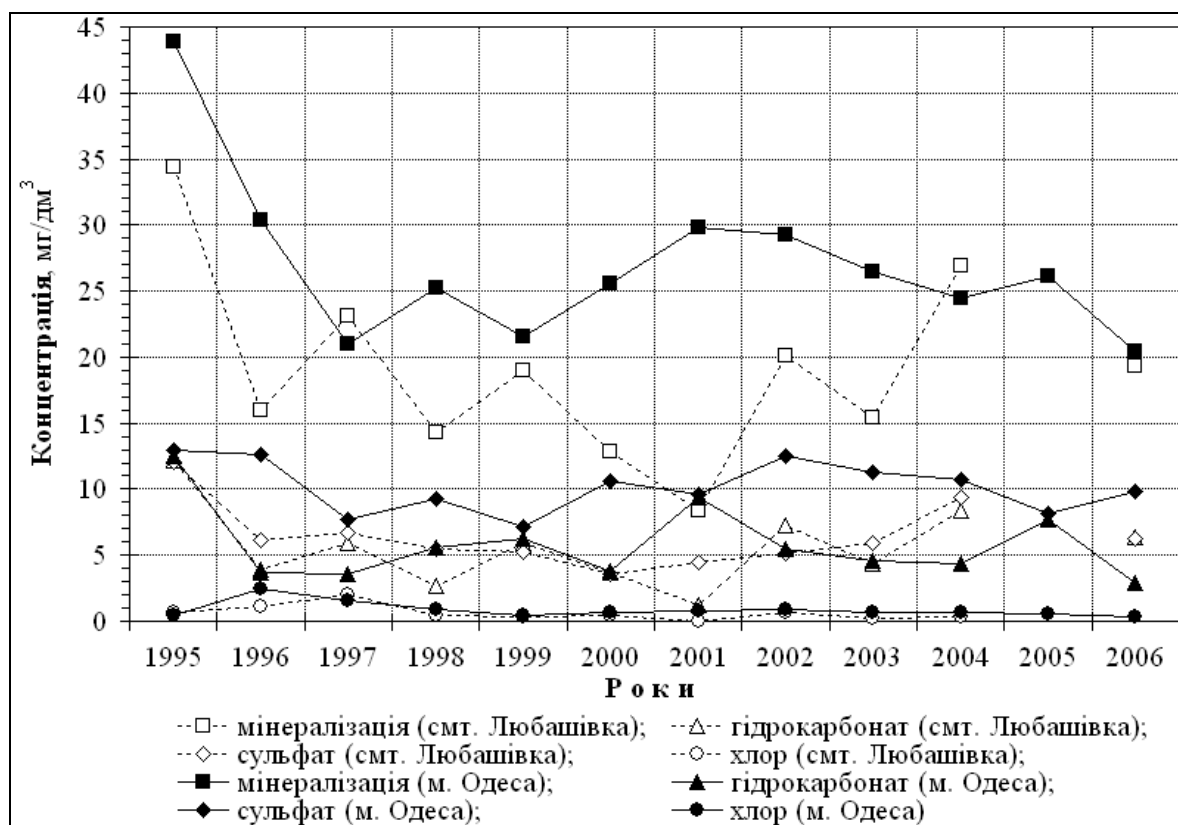


Рис. 5.1— Мінливість середньорічних значень мінералізації та концентрацій (мг/дм³) аніонів у воді атмосферних опадів в пунктах м. Одеса та смт. Любашівка за період 1995-2006 рр.

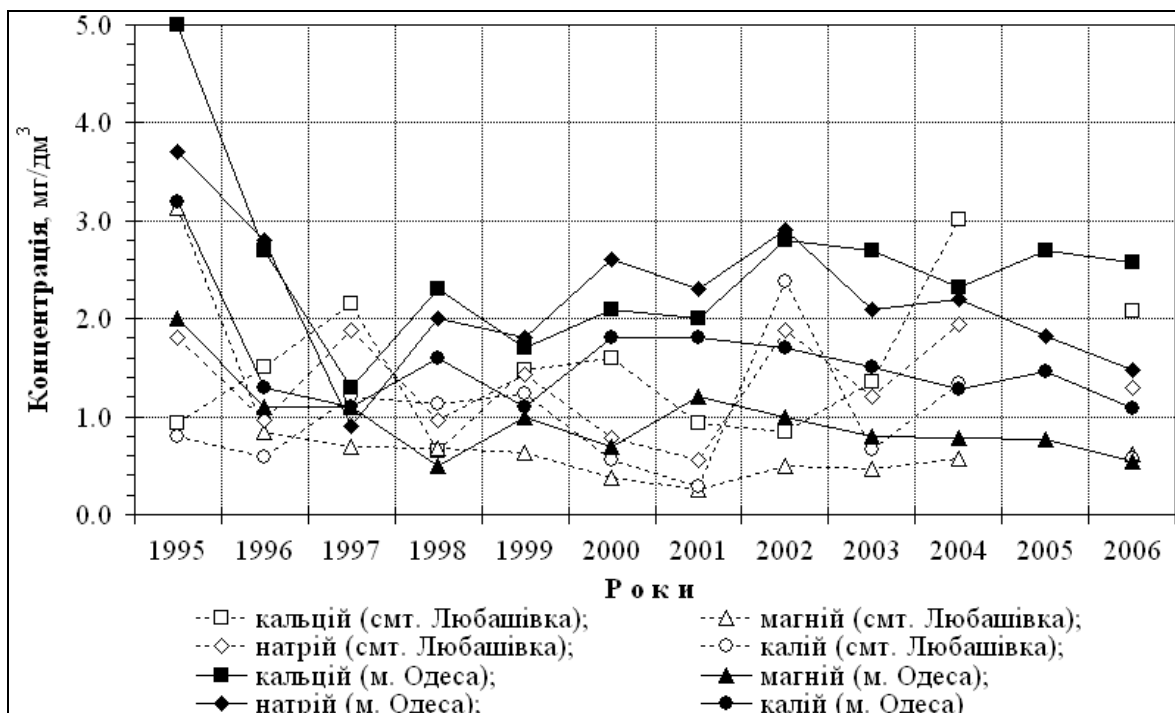


Рис. 5.2 – Мінливість середньорічних концентрацій (мг/дм³) катіонів у воді атмосферних опадів в пунктах м. Одеса та сmt. Любашівка за період 1995-2006 рр.

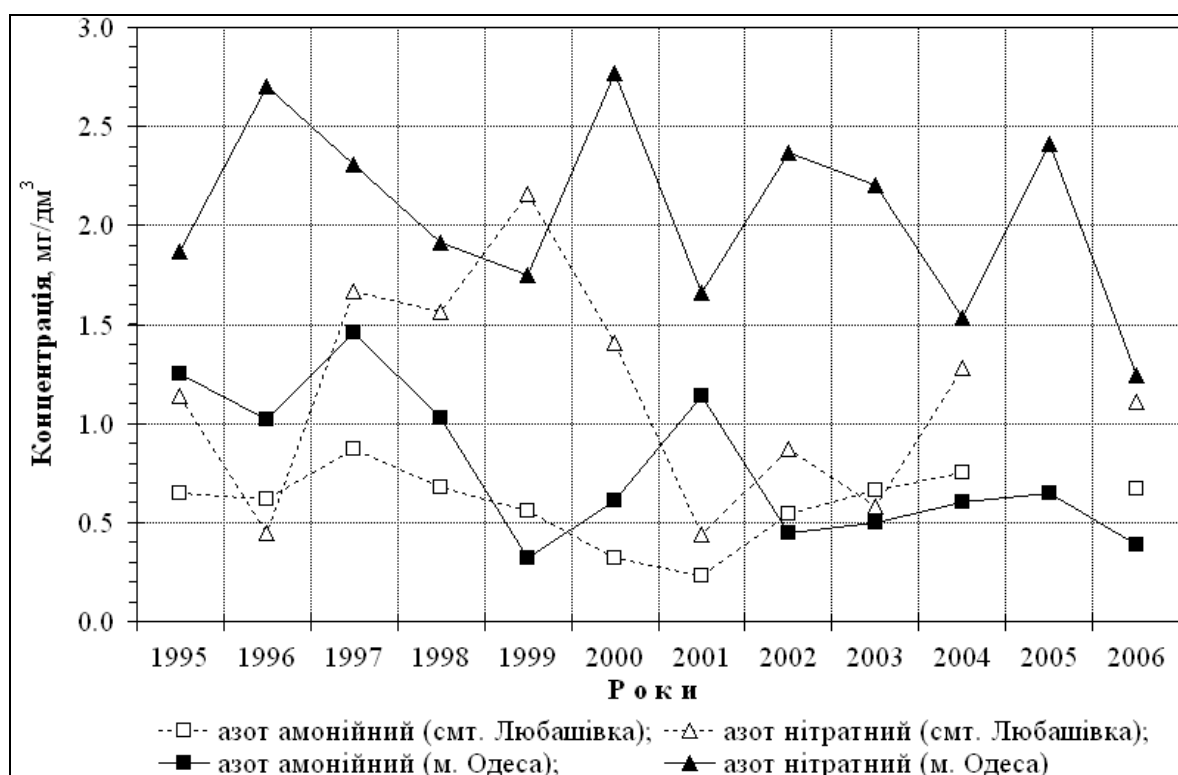


Рис. 5.3 – Мінливість середньорічних концентрацій (мг/дм³) азоту амонійного і нітратного у воді атмосферних опадів в пунктах м. Одеса та сmt. Любашівка за період 1995-2006 рр.

Таблиця 5.1 – Середні та фонові значення показників хімічного складу атмосферних опадів в районі м. Одеса за період з 1962 по 1985 рр. [3]

Показник	Значення показника, мг/дм ³	
Гідрокарбонат, HCO_3^-	Середні	6,0
	Фонові	0,00-30,0
Сульфат, SO_4^{2-}	Середні	18,2
	Фонові	4,2-40,0
Хлор, Cl^-	Середні	6,0
	Фонові	1,3-26,0
Кальцій, Ca^{2+}	Середні	3,4
	Фонові	1,2-12,0
Магній, Mg^{2+}	Середні	2,1
	Фонові	0,4-11,0
Натрій, Na^+	Середні	2,6
	Фонові	0,6-9,0
Калій, K^+	Середні	1,0
	Фонові	0,2-3,9
Азот амонійний, NH_4^+	Середні	0,8
	Фонові	0,1-3,7
Мінералізація (сума іонів), S_p	Середні	35,1

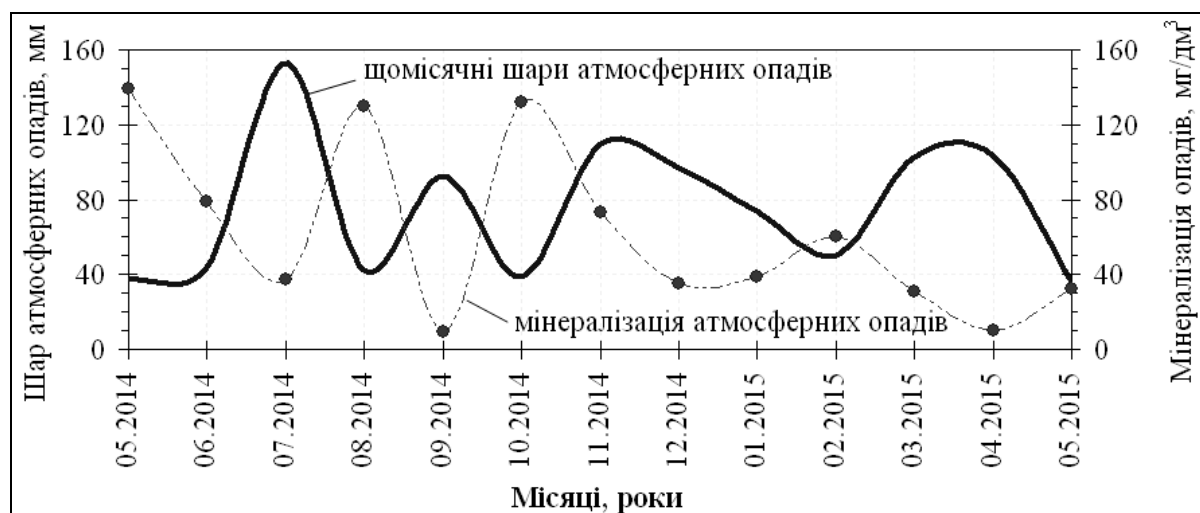


Рис. 5.4 – Мінливість мінералізації води (S_p , мг/дм³) та щомісячних шарів атмосферних опадів (P_o , мм) в районі Куяльницького лиману за період з травня 2014 р. по травень 2015 р. (P_o – дані метеостанції «Одеса-Обсерваторія» [6]; S_p – дані ОДЕКУ [4, 5])

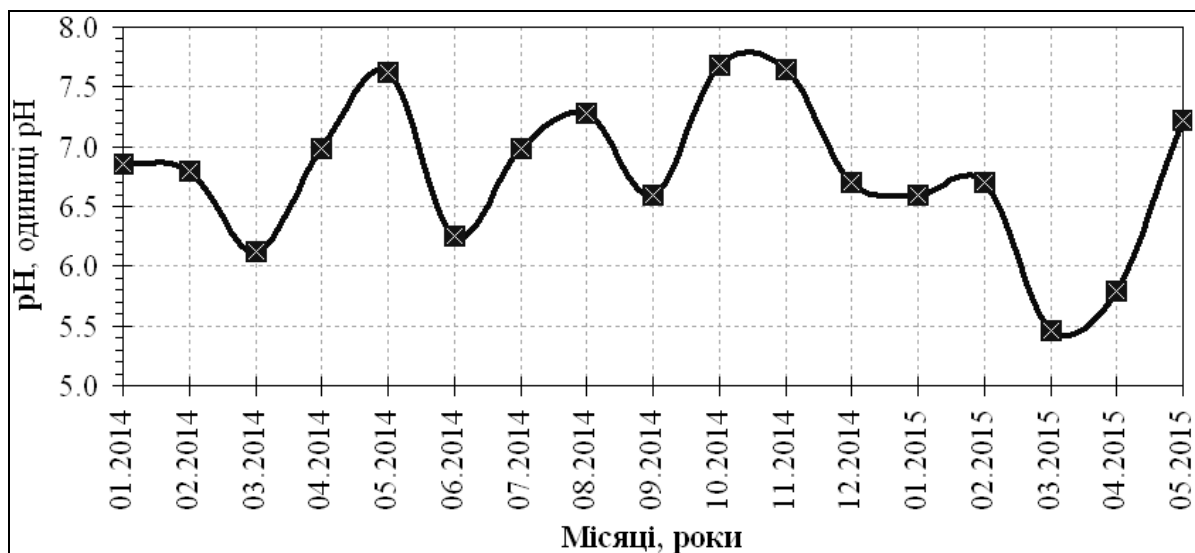


Рис. 5.5 – Мінливість рН води атмосферних опадів у пункті м. Одеса за період з січня 2014 р. по травень 2015 р. (дані ОДЕКУ) [4, 5]

За період з 1962 по 1985 рр. в районі Куяльницького лиману (пункт м. Одеса) середні (фонові) значення показників хімічного складу води атмосферних опадів становили: гідрокарбонат – 6,0 (0,00-30,0) мг/дм³; сульфат – 18,2 (4,2-40,0) мг/дм³; хлор – 6,0 (1,3-26,0) мг/дм³; кальцій – 3,4 (1,2-12,0) мг/дм³; магній – 2,1 (0,4-11,0) мг/дм³; натрій – 2,6 (0,6-9,0) мг/дм³; калій – 1,0 (0,2-3,9) мг/дм³; азот амонійний – 0,8 (0,1-3,7) мг/дм³; сума іонів (мінералізація) – 35,1 мг/дм³.

За період з 1995 по 2006 рр. (рис. 5.1) мінералізація води атмосферних опадів в пункті м. Одеса змінювалась від 20,5 до 44 мг/дм³, а в пункті смт. Любашівка – від 8,43 до 26,9 мг/дм³, тобто зростала в напрямку з півночі на південь. Серед аніонів в обох пунктах контролю переважає сульфат, серед катіонів (рис. 5.2) – кальцій. Вміст азоту амонійного в пункті м. Одеса змінювався від 0,32 до 1,46 мг/дм³, в смт. Любашівка – від 0,23 до 0,87 мг/дм³. Концентрація азоту нітратного в пункті м. Одеса змінювалась від 1,24 до 2,77 мг/дм³, в смт. Любашівка – від 0,45 до 2,16 мг/дм³. Значний вміст у атмосферних опадах півдня України сульфату іонів пов'язаний з природними і антропогенними процесами, він зумовлює високу окисну здатність і сильну кислотну агресивність атмосферних опадів [7].

Згідно класифікації природних вод, за вмістом у них головних іонів (аніонів і катіонів), запропонованої в 1946 р. О.О. Альокіним та удосконаленої в 2006 р. В.К. Хільчевським і С.М. Курилом [2], в середньому за період 1962-2006 рр. атмосферні опади в районі лиману (пункт м. Одеса) належали до сульфатного класу, групи магнію та кальцію, другого типу, підтипу б – $S_{H60,035}^{MgCa0,34}$. За мінералізацією атмосферні опади були прісні (дуже прісні), за твердістю – дуже м'якими.

За величиною рН, яка в середньому за період з 1996 по 2005 рр. становила 6,0 од. рН (змінюючись від 5,9 до 6,1 од. рН) [2], атмосферні опади в районі лиману (пункт м. Одеса) належали до слабкокислих вод. Однак, за даними ОДЕКУ (рис. 5.5) за період 2013-2015 рр. середнє значення рН атмосферних опадів в районі лиману дорівнювало 6,78 од. рН, тобто їх води належали до нейтральних, змінюючись від слабкокислих (5,46 од. рН – у березні 2015 р.) до слабколужних (7,68 од. рН – у жовтні 2014 р.). Крім того, за даними вимірювань мінералізації атмосферних опадів у період 2013-2015 рр. визначено, що її середньомісячні значення в м. Одеса в окремі місяці теплого періоду року перевищують 120 мг/дм³, зменшуючись при зростанні кількості опадів за місяць (рис. 5.1) [4, 5].

Високий вміст головних іонів і сполук азоту в атмосферних опадах в басейні Куяльницького лиману пов'язаний з тривалими посушливими періодами, коли атмосфера зазнає значного запилення мінеральними аерозолями при еоловій ерозії орних земель. Через недостатню лісистість певну роль відіграє зливовий характер випадіння атмосферних опадів, надходження аерозолів з боку Чорного моря, забруднення атмосфери промисловими і автотранспортними викидами. Таким чином, атмосферні опади в басейні Куяльницького лиману можуть досить помітно впливати на хімічний склад поверхневих вод в цьому районі і це необхідно враховувати при здійсненні гідролого-гідрохімічних розрахунків.

5.2 Гідрохімічна характеристика підземних вод в басейні лиману

Водозбір Куяльницького лиману розташований в межах Причорноморського артезіанського басейну. Водоносні горизонти знаходяться у відкладах четвертинної, неогенової, палеогенової, крейдяної систем. Четвертинні відклади утворені делювіальними лесоподібними суглинками на червоно-бурих пліоценових глинах [8].

Комплекс неогену у верхній своїй частині утворений відкладами понтичного ярусу (вапняками, глинами), які підстилаються піщано-глинистими утвореннями меотичного ярусу, що залягають на піщано-глинистих відкладах верхньосарматського під-ярусу (з малопотужними прошарками вапняку та ракуші з піском). Останні розташовуються на середньосарматських утвореннях. У межах басейну Куяльницького лиману виділяють 8 водоносних горизонтів. Гідравлічний зв'язок поверхневих і підземних вод, як правило, відсутній, за винятком горизонту в сучасних алювіальних відкладах.

Водоносний горизонт в сучасних алювіально-делювіальних відкладах поширений в заплавах річок і тальвегах балок. Водовмісними породами є піски, супіски, суглинки, з включеннями гравію і гальки. Живлення горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних

опадів, фільтрації з поверхневих водотоків, надходження вод з інших водоносних горизонтів. Розвантаження водоносного горизонту відбувається в річки (в межень), дренаж (колодязі). Глибина залягання горизонту змінюється від 0 до 8 м, потужність – від 0 до 12 м. Води використовуються для господарсько-побутових потреб. В іонному складі [8] у водах цього горизонту переважають іони хлоридів і кальцію, рН води становить 6,5-7,9, мінералізація – 600-6700 мг/дм³, загальна твердість – 9,4-56 ммоль/дм³, вміст нітратного азоту – 0-1,5 мг/дм³, азоту загального – 0-279 мг/дм³. Горизонт не захищений від забруднення.

Водоносний горизонт у еолово-делювіальних відкладеннях розташований на вододільному плато і його схилах. Водовмісними породами є лесоподібні суглинки. Живлення горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Розвантаження водоносного горизонту відбувається шляхом випаровування, природного і штучного дренажу. Глибина залягання горизонту змінюється від 0 до 15 м, потужність становить 1-5 м. Води використовуються для господарських і питних потреб. В іонному складі [8] вод цього горизонту переважають іони сульфатів і магнію. рН води дорівнює 7,2-8,0; мінералізація – 1300-13300 мг/дм³; загальна твердість становить 4-157 ммоль/дм³; вміст нітратного азоту – 0-4,5 мг/дм³; азоту загального – 0-3373 мг/дм³. Горизонт не захищений від забруднення.

Водоносний горизонт у понтичних відкладах розташований в середній і південній частині басейну в межах вододільних плато і їх схилів, переважають води спорадичного поширення. Водовмісними породами є піски, вапняки. Живлення горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, перетікання з верхніх водоносних горизонтів. Розвантаження водоносного горизонту здійснюється шляхом випаровування, дренажу руслами річок, природного та штучного перетікання в нижні водоносні горизонти. Глибина залягання горизонту змінюється від 0 до 25 м, потужність знаходиться у межах 1,5-14 м. Води використовуються для господарських та питних потреб. Контроль якості води проводиться в районі с. Северинівка з 1988 р. на свердловині № 111. У іонному складі [8] вод цього горизонту переважають іони сульфатів, хлоридів, магнію, рН води становить 7,3-7,5, мінералізація – 500-17800 мг/дм³, загальна твердість 5-118 ммоль/дм³, вміст нітратного азоту – 0,01-0,6 мг/дм³. Горизонт слабо захищений від забруднення.

Водоносний горизонт в неогенових балтських відкладах розташований в північно-західній частині басейну лиману (в межах вододільного плато і його схилів). Водовмісними породами є піски, алевроїти, пісковики. Живлення горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, перетікання з вище і нижче розташованих водоносних горизонтів. Розвантаження водоносного горизонту відбувається шляхом випаровування і дренажу (джерела).

Глибина залягання водоносного горизонту змінюється від 0 до 25 м, потужність – від 0,2 до 15 м. Води використовуються для водопостачання та господарських потреб. У іонному складі [8] вод цього горизонту переважають гідрокарбонат, сульфат, магній, мінералізація становить 400-1600 мг/дм³. Горизонт недостатньо захищений від забруднення.

Водоносний горизонт в неогенових відкладах меотичних глин розташований в середній і південній частинах басейну в межах вододільних плато та його схилів, переважають води спорадичного поширення. Водовмісними породами є прошарки пісків серед глин. Живлення горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, перетікання з верхніх водоносних горизонтів. Розвантаження водоносного горизонту здійснюється у вигляді випаровування, дренажу в долину річки, перетікання в нижні водоносні горизонти. Глибина залягання водоносного горизонту знаходиться у межах від 5 до 70 м, потужність – 1-3 м. Води використовуються для господарських потреб. Іонний склад [8] води цього горизонту складний з переважанням іонів натрію, рН води становить 7,2-8,0, мінералізація – 400-10100 мг/дм³, загальна твердість – 9,4-104 ммоль/дм³, вміст нітратного азоту – 0-2 мг/дм³, азоту загального – 0-197 мг/дм³. Горизонт недостатньо захищений від забруднення.

Водоносний горизонт у верхньосарматських відкладах розташований в середній і південній частинах басейну. Водовмісними породами є прошарки пісків і вапняків, ракуші. Живлення горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, перетікання вод з верхніх водоносних горизонтів і підтікання – з нижчих. Розвантаження водоносного горизонту відбувається в південно-східному напрямку в долини річок і балок. Глибина залягання водоносного горизонту варіює від 1 до 120 м, потужність – 0-10 м. Води використовується для централізованого водопостачання. Контроль якості води проводиться в районі смт. Іванівка з 1975 і 1985 рр. (по свердловинах №№ 545, 76). В іонному складі [8] вод цього горизонту переважають іони гідрокарбонатів, хлоридів, натрію і кальцію; рН води змінюється в інтервалі 7,2-8,3, мінералізація – 600-700 мг/дм³, загальна твердість - 1,6-2,9 ммоль/дм³, вміст нітратного азоту – 0-0,06 мг/дм³. Горизонт умовно захищений від забруднення.

Водоносний горизонт у середньосарматських відкладах залягає у межах усього басейну Куяльницького лиману. Водовмісними породами є прошарки вапняків, пісків, мергелів. Живлення горизонту відбувається за межами басейну лиману за рахунок інфільтрації атмосферних опадів в областях виходу порід на поверхню, підтікання від сусідніх водоносних горизонтів. Розвантаження водоносного горизонту відбувається в південно-східному напрямку. Водоносний горизонт залягає на глибині від 40 до 150 м, потужність знаходиться у межах 1-30 м. Води є основним

джерелом водопостачання. Контроль якості води відбувається в районі смт. Іванівка по свердловині № 9 з 1982 р, в районі с. Катерино-Платонівка по свердловині № 556 з 1985 р, в районі смт. Ширяєве – по свердловині № 560 (з 1983 р). В іонному складі [8] води цього горизонту переважають іони хлоридів, сульфатів, магнію, натрію, рН води змінюється в межах 7,2-8,3, мінералізація – 300-3300 мг/дм³, загальна твердість – 2,2-23,0 ммоль/дм³, вміст нітратного азоту – 0-6 мг/дм³. Горизонт умовно захищений від забруднення.

5.3 Фізико-хімічні властивості та мінералізація ропа лиману

В умовах ізоляції Куяльницького лиману від моря в його водних масах відбуваються процеси, що призвели до утворення шару грязьових відкладів. Грязі та ропа лиману за сполученням солей мають унікальні лікувальні властивості, відповідають стандартам лікувальних грязей [9]. Бальнеологічні ресурси лиману вважаються одними з найцінніших в Україні та світі.

Гідрохімічний режим закритого Куяльницького лиману визначається природними та антропогенними чинниками: надходженням стоку річки Великий Куяльник, прісних вод та вод з пониженою мінералізацією (< 500 мг/дм³) із водойм і водотоків пересипу лиману і прилеглих територій, надходженням атмосферних опадів і випаровуванням, фільтрацією морської води через пересип, поверхневим і підземним стоком, розвитком внутрішньоводоймних гідробіологічних процесів.

Оскільки підземне живлення і фільтрація вод з моря несуттєві в закритих лиманах [10], а стік річки Великий Куяльник затримується штучними водоймами, то на формування гідрохімічного режиму основний вплив справляє стік поверхневих вод зі схилів, атмосферні опади і випаровування (мілководність лиману забезпечує швидкий прогрів водних мас та інтенсивне випаровування з водної поверхні), антропогенний стік (скидні води) з прилеглих територій. Вплив внутрішньоводоймних, гідробіологічних процесів на гідрохімічний режим лиману через нестабільність внутрішньорічного і багаторічного режиму солоності періодично то посилюється, то слабшає. Це пов'язане з тим, що солоність більша за 150 ‰ обмежує розвиток флори і фауни в водних екосистемах (верхньою межею розповсюдження тварин вважається солоність близько 220 ‰, бактерій – близько 300 ‰), при цьому припиняється і процес грязеутворення [11]. Основним компонентом біоти лиману є галорезистентний зяброногий рачок *Artemia parthenogenetica*, здатний до життя в гіпергалінних водоймах, і деякі види мікроводоростей.

Зміни гідрохімічного режиму і морфометричних характеристик лиману, зареєстровані в останні десятиліття, пов'язані зі зміною складових

його водного балансу, які відбуваються під впливом кліматичних і антропогенних чинників [12-14]. Відсутність постійного припливу прісних вод на фоні значного випаровування, величина якого майже в 2 рази перевищує надходження атмосферних опадів (700-800 мм проти 423 мм) [14], кліматичні особливості останнього десятиріччя сприяли поступовому зменшенню площі водного дзеркала, осолоненню лиману і перетворенню його на гіпергалинну водойму. Так, максимальна солоність води зафіксована в Куяльницькому лимані за період з 1987 р. по 2009 р. [9, 12], становить 390 ‰ (2009 р.). До початку листопада 2011 р. площа водного дзеркала лиману зменшилась до 28,6 км², солоність в південній і центральній частинах стабілізувалася на значенні 318 ‰ [15]. Навіть після інтенсивних паводків і атмосферних опадів солоність води в лимані досить швидко збільшувалася за рахунок вилуговування сотень тисяч тонн солі з поверхневого шару донних відкладів та прилеглих до узбережжя солончаків, а також завдяки випаровуванню.

Дослідження іонного складу ропи Куяльницького лиману (за класифікацією природних вод, води з мінералізацією вищою за 50 ‰ відносяться до розсолів або ропи [9]) були розпочаті ще в кінці XIX ст. Було встановлено, що в залежності від солоності ропи її іонний склад (концентрації основного аніона хлору і процентне співвідношення до хлору, кальцію, магнію, натрію, сульфатів, гідрокарбонатів) значно змінюється [16, 17]. Однак значення хлорного коефіцієнта (відношення кількості солей, які містяться в природній воді, до вмісту хлору) залишається стабільним – 1,55-1,65 (табл. 5.2).

В роботі [10] показано, що ропи Куяльницького лиману представляє собою метаморфізовану морську воду хлоридно-натрієвого типу. Коефіцієнт метаморфізації ропи Куяльницького лиману (співвідношення $MgSO_4/MgCl_2$, величина, яка характеризує ступінь відхилення сольового складу природних розсолів від нормальної морської води) більше нуля і за класифікацією Курнакова-Валяшко [16] вона відноситься до 1 класу розсолів, для яких характерний вміст хлоридів натрію і магнію та сульфатів натрію, магнію й кальцію.

При солоності вищій за 150 ‰ в лимані неодноразово спостерігався процес осідання солі [17], який супроводжувався випадінням гіпсу ($CaSO_4$) і тому різким зменшення іонів SO_4^{2-} и Ca^{2+} . Далі, по мірі розбавлення паводковими водами осаджених солей, проходив процес розчинення гіпсу. Але при цьому не увесь гіпс повертався в лиман. В періоди низьких концентрацій солоності води, які сприяють життєдіяльності сульфаторедукуючих бактерій, значна частина гіпсу відновлювалась і перетворювалась на вуглекислий кальцій і сірководень, велика кількість яких скрізь відмічалась в мулових відкладах лиману. Відсутність кристалічного гіпсу у грязях було підтверджено численними бальнеологічними дослідженнями Е.С. Бурксеро [10, 18].

Таблиця 5.2 – Відношення основних іонів до хлору для ропи Куяльницького лиману

Джерело, рік, місяць	Солоність води, S, ‰	Cl ⁻ , ‰	Відношення іонів до хлору, %					Хлорний коефіцієнт, K = S/Cl ⁻
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
Лабораторія гірничого департаменту, 1869, V	258	169	0,92	20,1	26,1	2,24	–	1,64
Вериго А.А., 1894, VII	79,4	47,7	1,99	8,90	47,8	4,89	–	1,66
Комар І.В., 1921, VII	305	196	1,83	13,8	37,7	1,82	–	1,55
Бурксер Е.С., 1921, IX	37,4	21,7	2,71	9,59	–	4,85	–	1,62
КНС-Одеса, 1962, IX	295	185	0,98	10,4	–	1,86	0,10	1,60
Розенгурт М.Ш., 1968, VIII	88,9	83,9	2,10	8,41	–	4,91	0,04	1,65

Гідрохімічні дослідження в 1978-1979 рр. хімічного складу води і порових розчинів донних відкладів в південній частині Куяльницького лиману також показали, що вони відносяться до хлоридно-натрієвого типу, а за класифікацією Курнакова-Валяшко [9] до I класу розсолів.

Дослідження 2000-2005 рр. [13], коли солоність в лимані коливалася в межах 120-216 ‰, показали, що основними іонами в ропі були: аніони – хлорид, сульфат і бікарбонат; катіони – натрію, магнію і кальцію. У відповідності із складом води лиману, розрахованим за формулою Курлова, домінуючими за значеннями іонами, як і в попередні роки, були хлорид-іони; катіонами – натрій і магній. Причому іони хлору більшою мірою врівноважуються катіонами натрію (вміст NaCl порядку 65 %), і меншою мірою – магнію (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Основний іонний склад ропи Куяльницького лиману в 2005 р. (середні значення) [13]

Вміст основних іонів						Мінералізація, мг/дм ³
мг/дм ³						
Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	116000
24500	1570	6340	75900	3750	270	
% від мінералізації						
21,8	1,4	5,6	67,6	3,4	0,2	

За класифікацією О.А. Альокіна [2, 16] ропа Куяльницького лиману відноситься до розряду хлоридно-натрієвих, де відсоткова сума гідрокарбонатів і сульфатів менша суми іонів кальцію і магнію, а вміст іонів хлору перевищує вміст іонів натрію: $(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}) < (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ (або $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$). З табл. 5.3 видно, що основну масу солей становлять хлориди натрію і магнію. Вміст мікрокомпонентів у воді лиману в 2005 р. коливався в межах: бром – 200-800 мг/дм³, фтору – 0,03-0,25 мг/дм³, бору – 9,4-24,2 мг/дм³.

За основним іонним складом і співвідношенням солеутворюючих іонів ропа Куяльницького лиману близька до морських хлоридно-натрієвих вод, на що вказує і середнє багаторічне значення хлорного коефіцієнта Куяльницької води – 1,62 (для Чорного моря – 1,82) [10].

Вміст біогенних речовин (необхідних елементів для розвитку гідробіологічних, продукційних процесів) в Куяльницькому лимані, як і у всіх закритих лиманах Північно-Західного Причорномор'я, має сезонні коливання. Це пов'язано з особливостями гідрологічного і гідробіологічного режиму цих водойм. Максимум концентрацій біогенних речовин припадає на зимовий період, а влітку відмічаються зниження їх вмісту до аналітичного нуля. Згідно з [10], концентрація біогенних сполук в лимані змінювалась в межах: нітриту – від 0 до 0,15 мг/дм³, нітрати – 0-0,65 мг/дм³, фосфати – 0-1,8 мг/дм³, кремній – 0,6-4,0 мг/дм³, вміст розчиненої органічної речовини (РОР) змінювався від 0,3 до 7,1 мгО₂/дм³.

Концентрації біогенних речовин в ропі лиману за даними досліджень 1999-2002 рр. також змінювались в широких межах [19]. Було відмічено, що в південній і центральній частинах лиману, куди надходять слабо очищені і неочищені антропогенні стоки, діапазони мінливості і середні концентрації біогенних речовин максимальні (табл. 5.4).

Дослідження гідрохімічного режиму лиману у 2001-2002 рр. [14, 19] також показали значну сезонну мінливість майже всіх гідрохімічних показників, що пов'язано з нестійким гідрологічним режимом Куяльницького лиману (табл. 5.5).

Було встановлено, що амонійний азот є основною мінеральною формою азоту в лимані. Одним з джерел його постачання в ропу лиману є процеси життєдіяльності *Artemia parthenogenetica*. В період масового розвитку артемії, як, наприклад, пізньою осінню 2001 р., в місцях її скупчення вміст амонійного азоту досягав 0,364 мг/дм³. Високі концентрації амонійного азоту, які спостерігалися на протязі зимових і весняних місяців, свідчать про активну деструкцію азотовмісних органічних речовин. Пониження концентрації амонійного азоту влітку і восени зумовлене, головним чином, погіршенням умов мінералізації органічної речовини через різке підвищення солоності і зниження насичення вод лиману киснем.

Таблиця 5.4 – Мінливість вмісту біогенних речовин в акваторії Куяльницького лиману за період 1999-2002 рр. [19]

Частина лиману	Показники	Роки			
		1999	2000	2001	2002
Південна частина	N-NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,0-8,47	0,447-1,39	0,439-1,22	0,939-0,608
	N-NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,003-0,009	0,0-0,015	0,001-0,04	0,021-0,027
	N-NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,414-1,27	0,115-1,01	0,085-0,253	0,138-0,184
	P-PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	–	0,053-0,241	0,046-0,251	0,040-0,089
Центральна частина	N-NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	2,16-16,2	0,0-0,739	0,123-0,431	0,193-0,354
	N-NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,006-0,007	0,002-0,021	0,036-0,12	0,021-0,048
	N-NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,575-1,73	0,115-1,82	0,115-1,86	0,115-0,506
	P-PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	–	0,076-0,218	0,053-0,37	0,069-0,218
Північна частина	N-NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	3,23-7,32	0,0-3,850	0,146-0,77	–
	N-NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,006-0,009	0,001-0,021	0,012-0,060	–
	N-NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,874-1,73	0,575-0,667	0,184-0,713	–
	P-PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	–	0,026-0,165	0,056-0,063	–

Таблиця 5.5 – Діапазон і середні значення деяких гідрохімічних показників Куяльницького лиману (2001-2002 рр.) [14]

Показники	Зима	Весна	Літо	Осінь
Солоність, ‰	<u>179-188</u> 180	<u>169-184</u> 174	<u>189-265</u> 227	<u>158-266</u> 222
O ₂ , мгО ₂ /дм ³	<u>2,3-5,73</u> 5,25	<u>6,58-7,38</u> 6,98	<u>2,31-3,50</u> 2,91	<u>3,02-3,46</u> 3,53
N-NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	<u>0,123-0,246</u> 0,254	<u>0,234-0,535</u> 0,385	<u>0,024-0,031</u> 0,028	<u>0,007-0,364</u> 0,081
N-NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	<u>0,009-0,01</u> 0,008	<u>0,002-0,009</u> 0,005	<u>0,003-0,011</u> 0,007	<u>0,004-0,007</u> 0,006
N-NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	<u>0,022-0,152</u> 0,106	<u>0,096-0,141</u> 0,119	<u>0,015-0,062</u> 0,032	<u>0,011-0,051</u> 0,022
N _{орг} , мг/дм ³	<u>3,45-17,0</u> 10,6	<u>4,38-7,47</u> 5,88	<u>2,90-11,7</u> 6,78	<u>2,10-6,57</u> 3,52
P-PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	<u>0,058-0,062</u> 0,054	<u>0,038-0,045</u> 0,041	<u>0,078-0,317</u> 0,198	<u>0,012-0,103</u> 0,050
P _{орг} , мг/дм ³	<u>0,182-0,232</u> 0,143	<u>0,032-0,040</u> 0,034	<u>0,015-0,067</u> 0,041	<u>0,003-0,061</u> 0,026
Si, мг/дм ³	<u>0,240-0,765</u> 0,754	<u>1,30-1,49</u> 1,40	<u>0,891-2,01</u> 1,52	<u>1,33-1,65</u> 1,51
POP, мгО/дм ³	<u>18,2-21,8</u> 21,0	<u>20,2-22,9</u> 21,5	<u>18,4-28,5</u> 24,2	<u>21,5-35,4</u> 25,9

Аналіз динаміки співвідношення величин мінеральних і органічних форм азоту і фосфору у воді Куяльницького лиману показав, що мінімальні значення цих показників притаманні весняному періоду, максимальні – спостерігалися влітку при високій температурі води. Лише взимку азот і фосфор містяться у воді переважно в органічній формі. Це узгоджується з особливостями перебігу продукційно-деструкційних процесів в лимані (продукція - розвиток фітопланктону і зоопланктону в теплий період року, деструкція - розкладання органічних речовин під дією гетеротрофних організмів, переважно бактерій).

Однією з найбільш характерних особливостей сучасних гідрохімічних умов лиману є високий вміст розчиненої органічної речовини, який у порівнянні з 1960-1970 рр. [10] збільшився в 4-6 разів. Це пов'язано з підвищенням солоності в лимані з 24-25 ‰ у 1940-1950 рр. до 100-300‰ і більше – в сучасний період, а також низьким ступенем окислення зваженої органічної речовини. Накопичення зваженої органічної речовини у воді лиманів з високою мінералізацією призводить до її седиментації і депонування в донних відкладах, де відбуваються складні біохімічні процеси перетворення органічної речовини у пелоїдах [20, 21].

Як правило, у воді лиману, при солоності більшій за 150 ‰, відзначали відносно низький вміст розчиненого кисню. Це пов'язано як з його низькою розчинністю при надвисокій солоності, так і з незначною кількістю фітопланктону - його основного продуцента. Так, в 2001-2002 рр. максимальне значення вмісту кисню ($7,38 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$) було зафіксоване навесні 2002 р. при температурі ропи $10,5^\circ\text{C}$ і максимальній величині первинної продукції фітопланктону – $2,68 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3 \cdot \text{д}^{-1}$. Мінімальне значення кисню встановлене у серпні при температурі води $31,4^\circ\text{C}$ і солоності 227,1 ‰ [14, 19].

Близькість розташування об'єктів енергетичного і нафтоперевального комплексів, транспортних магістралей, скид неочищених стічних, зливних і талих вод, водотоків антропогенного походження, фільтрація ґрунтових вод призвели до забруднення акваторії Куяльницького лиману. В минулі десятиріччя в ропі лиману, особливо в його південній частині, реєструвались високі концентрації забруднювальних речовин – нафтопродуктів, важких металів та інше [14, 22, 23]. Основними постійними джерелами забруднення акваторії лиману є: залізниця, стихійні звалища побутових і промислових відходів на берегах лиману, біологічно неочищені або недостатньо очищені господарсько-побутові і промислові стоки. Рівень забруднення акваторії лиману нафтопродуктами в 1999-2001 рр. змінювався в межах $10\text{-}70 \text{ мг}/\text{дм}^3$, досягаючи максимальних значень – $170\text{-}200 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Концентрації важких металів в цей же період змінювались в таких діапазонах: мідь – $0,010\text{-}0,092 \text{ мг}/\text{дм}^3$, свинець – $6,9\text{-}20,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$, кадмій – $0,1\text{-}0,2 \text{ мг}/\text{дм}^3$, цинк

– 39-55 мг/дм³, хром – 4,1-9,6 мг/дм³ [19]. Подальші (до 2008 р.) дослідження ропи і донних відкладів лиману щодо вмісту свинцю [19] показали зміну його концентрації в воді в межах 0,0022-0,087 мг/дм³, в донних відкладах – 4-43 мг/кг. Це свідчить про міграції цього металу з ропи в донні відклади і акумуляцію в них.

Результати моніторингу екосистеми лиману в період 1999-2011 рр. показали [15], що в ропі лиману і водах сполучених водойм реєструється перевищення ГДК по нафтопродуктах і продуктах їх окислення (формальдегід і феноли), а також високий рівень вмісту металів – ванадію, свинцю і кадмію.

Донні відклади лиману є важливими факторами впливу на гідрохімічні показники ропи і являють собою потужні запаси лікувальної грязі (пелоїдів), в яких проходять специфічні хімічні і бактеріальні процеси. Пелоїди лиману містять значні запаси основних аніонів (хлоридів, сульфатів, гідрокарбонатів і карбонатів) та катіонів (натрію, калію, кальцію і магнію) ропи, концентрації яких помітно змінюються в залежності від величини її солоності. За класифікацією Курнакова-Валяшко, порові розчини пелоїдів Куяльницького лиману, також як і ропи лиману, відносяться до I класу, де сульфату магнію більше ніж сульфату кальцію і їхній коефіцієнт метаморфізації більше нуля [18, 24].

Аналіз даних за вмістом мінеральних й органічних речовин у порових розчинах пелоїдів лиману показав, що концентрації мінерального і органічного фосфору, мінеральних сполук азоту в них на один-два порядки вищі, ніж у ропі; органічного азоту і розчиненої органічної речовини – вищі в 2-3 рази [14]. Це свідчить про інтенсивне накопичення і слабку мінералізацію органічної речовини як у ропі, так і в пелоїдах. Така ситуація, в цілому, типова для гіперсолоних водойм, в яких перевищення продукції над деструкцією веде до накопичення автохтонної органічної речовини [19].

Вміст у порових розчинах пелоїдів Куяльницького лиману органічної речовини, мінеральних і органічних сполук азоту і фосфору в середньому на порядок перевищує значення в інших лиманах Північно-Західного Причорномор'я.

За період досліджень 2005-2007 рр. (табл. 5.6) мінералізація ропи коливалась від 102,77 до 157,01 г/дм³, рН – від 6,9 до 7,55 одиниць рН. Ропи Куяльницького лиману за основним іонним складом відноситься до хлоридних натрієвих, натрієво-магнієвих. Вміст хлорид-іонів становить 58,58-94,08 мг/дм³, вміст іонів натрію і калію – 34,00-44,72 мг/дм³, магнію – 5,598,97 мг/дм³. Серед специфічних біологічно активних компонентів та сполук (табл. 5.7) в терапевтично значимій кількості виявлені: йод 2,33-13,2 мг/дм³, бром – 278-398 мг/дм³, ортоборна кислота – 36,4-101 мг/дм³. Середній хімічний склад ропи Куяльницького лиману в період з 1996 по 2007 р. (більш 400 досліджень) наведений в табл. 5.8.

Таблиця 5.6 – Макрокомпонентний склад ропи Куяльницького лиману за період 2005-2007 рр. [25]

Дата відбору	Концентрації компонент, мг/дм ³							рН
	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
14.03.2005	34000	120	5590	58600	4380	–	240	7,25
14.03.2005	34000	120	5590	58600	4340	–	260	7,50
10.07.2006	37500	1700	6990	76300	6560	–	240	7,55
12.09.2006	39600	1800	8030	83400	5810	–	240	6,90
16.04.2007	39500	2000	7660	82400	5970	40	170	–
6.06.2007	43300	2000	8660	90500	6770	40	200	–
07.06.2007	44700	2250	8970	94100	6760	40	200	–

Таблиця 5.7 – Вміст біологічно активних компонент та сполук (мг/дм³) у ропі Куяльницького лиману за період 2005-2007 рр. [25]

Біологічно активні сполуки	14.03.2005	14.03.2005	10.07.2006	12.09.2006	23.04.2007	06.06.2007	07.06.2007	ДСТУ 42.10.02-96 Значення масової концентрації, не менше
Fe ²⁺ , Fe ³⁺	–	–	–	–	–	–	–	10,0
As	–	–	–	–	–	–	–	0,70
H ₃ BO ₃	38,0	39,0	36,4	101	–	–	–	35,0
H ₂ SiO ₃	<0,8	<0,8	<0,1	<0,1	–	<0,1	<0,1	50,0
I	2,52	2,33	13,2	5,26	4,37	6,62	6,62	5,00
Br	294	278	398	342	302	294	310	25,0

Таблиця 5.8 – Середній хімічний склад ропи південної частини Куяльницького лиману за період 2005-2007 рр. [25]

Показник	Концентрація, мг/дм ³						
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Мінералізація
середнє	270	101000	4910	1690	9060	48600	165000
максимум	340	161000	7380	2710	13900	79200	261000
мінімум	100	48800	2090	20	4310	23400	80100

Аналіз даних фізико-хімічних досліджень дає підставу стверджувати, що основний компонентний склад ропи Куяльницького лиману формують хлорид-іони, іони натрію та магнію. Коливання мінералізації залежать від вмісту цих компонентів. Причому, коливання мінералізації практично не впливають на співвідношення основних компонентів.

За класифікацією, що використовується в бальнеологічній практиці, ропа Куяльницького лиману характеризується як бромний борний йодний хлоридний магнієво-натрієвий розсіл. За даними фізико-хімічних досліджень розчин пелоїдів характеризується хлоридним магнієво-натрієвим, натрієвим складом з мінералізацією 38,9-146 г/дм³.

За солоністю води Куяльницький лиман можна поділити на три частини: північну, середню та південну [25]. Північна частина лиману навесні знаходиться під більшим впливом річкового стоку, тому тут мінералізація нижча, ніж в південній і середній. У південній частині концентрація ропи найбільша. Центральна частина займає проміжне положення. Різниця в концентрації ропи між частинами лиману незначна (менше 1 г/дм³ [9, 25]) внаслідок мілководості лиману та сильного вітрового перемішування водних мас.

В зв'язку з тим, що стаціонарні строкові спостереження за мінералізацією води Куяльницького лиману виконуються не завжди та не публікуються, як, наприклад, дані про рівні та температури води водойми, оцінити режим солоності ропи лиману можливо лише за даними, наведеними в науковій літературі [9, 25].

Солоність води Куяльницького лиману тісно пов'язана з водним режимом водойми [25], тому для визначення середньомісячних значень солоності води за період надійних стаціонарних спостережень за рівнем води в лимані (з 1936 по 2015 рр.), можуть бути використані емпіричні залежності $S = f(H)$ солоності від рівня води.

Для періоду з січня 1936 р. по червень 1941 р. та з червня 1944 р. по грудень 2008 р. використана залежність $S = f(H)$, яка апроксимується в аналітичному вигляді степеневим рівнянням

$$S = 23330 \cdot (10 + H)^{-3,5506}, \quad (5.1)$$

де S – солоність води (ропи), ‰; H – рівень води (відмітка поверхні води), м БС.

Для періоду з січня 2009 р. по листопад 2014 р. використана уточнена залежність $S = f(H)$, яка апроксимується в аналітичному вигляді таким степеневим рівнянням

$$S = 161 \cdot H^{1,12}, \quad (5.2)$$

де S – солоність води (ропи), ‰; H – рівень води над нулем графіка поста, м.

Ропи гіперсолонного Куяльницького лиману при зниженні рівнів води в літні періоди 2009-2015 рр. перетворювалась на перенасичений («міцний») водно-сольовий розчин, мінералізація якого, за даними ОДЕКУ, в серпні 2009 р. сягала 390 ‰, а з квітня по серпень 2012 р. зросла з 266 до 365 ‰, «опріснюючись» тільки в періоди весняного водопілля та

короткочасних інтенсивних зливових опадів, як, наприклад, в кінці травня 2012 р., коли солоність ропи лиману зменшилась до 206 ‰ [25].

В умовах такого водно-сольового режиму Куяльницького лиману в літні періоди у водоймі відбувалася самосадка розчинених в ропі лиману солей та утворення «соляної пустелі» (насамперед, у верхній частині), як, наприклад, в липні-серпні 2009-2012 рр. Отже, існуючий водно-сольовий режим Куяльницького лиману може спричиняти такі наслідки у функціонуванні екосистеми:

- повне зникнення своєрідної флори та фауни лиману при солоності ропи більшій за 200 ‰, наприклад, зяброногого рачка – артемія (*Artemia parthenogenetica*), та червоно-буре «цвітіння» води за рахунок масового розвитку й відмирання (деструкції) фітопланктонної зеленої водорості *Dunaliella Salina*, як, наприклад, в період з травня по жовтень 2012 р.;

- втрата унікальних за лікувальними властивостями запасів грязей та ропи лиману (пелоїди лиману визнані еталонними у світі) [25];

- зниження рекреаційного та бальнеологічного потенціалу Одеської області та України, втрата лиману як курорту.

За даними спостережень науковців ОДЕКУ, у липні-серпні 2009 р. було визначено, що на акваторії Куяльницького лиману температура води змінювалась від 27,9 °С – в центральній частині водойми, до 29,8 °С – біля берегів. Температура води в гирлі р. В. Куяльник дорівнювала 29,6 °С. На акваторії лиману відчувався гнилісний запах, інтенсивністю 3-5 балів. Прозорість води становила 0,60 м – на акваторії лиману та 0,03 м – в гирлі р. В. Куяльник. Значення рН води коливалися від 6,69 – в нижній частині лиману до 7,50 – в верхній; в гирлі р. В. Куяльник рН дорівнював 8,00. Концентрація розчиненого кисню у воді Куяльницького лиману змінювалась від 6,00-6,39 мгО₂/дм³ – біля берегів, до 8,14 мгО₂/дм³ – в центральній частині водойми. Солоність води Куяльницького лиману практично не змінювалась і становила в середньому по акваторії водойми 390‰, в центральній частині лиману вона була меншою і становила 380 ‰. В гирлі р. В. Куяльник солоність води дорівнювала 7,70 ‰ [9].

5.4 Гідрохімічна характеристика водойм басейну р. В. Куяльник

Наявність мілководних зон, зарегульованість русла, розораність берегової зони під земельні угіддя та садиби, велика кількість населених пунктів вздовж русла р. В. Куяльник та на території водозбору призводять до посилення антропогенного навантаження на річкову екосистему, що позначається, в першу чергу, на зростанні мінералізації води (табл. 5.9), підвищенні концентрацій неорганічних сполук азоту, фосфору (табл. 5.10) та органічних сполук – загальних фенолів, формальдегідів (табл. 5.11).

Таблиця 5.9 – Вміст головних іонів (аніонів і катіонів) у воді р. Великий Куяльник (2004-2007 рр.) [26, 27]

Мінералізація та головні іони, мг/дм ³						
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	ΣІ
<u>113-341</u> 178	<u>120-450</u> 256	<u>255-1295</u> 554	<u>336-695</u> 506	<u>495-1618</u> 882	<u>346-2012</u> 1135	<u>1250-5160</u> 3513

Таблиця 5.10 – Основні гідрохімічні показники біологічної характеристики вод р. Великий Куяльник (2004-2007 рр.) [26, 27]

Граничнодопустимі концентрації (ГДК), мг/дм ³	Ph	Нітриди, мг/дм ³	Нітрати, мг/дм ³	Азот амонійний, мг/дм ³	Фосфати, мг/дм ³	ХСК, мгО ₂ /дм ³	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Кисень розчинений, мг/дм ³
	<u>7,27-8,75</u> 178,4	<u>0,01-0,15</u> 0,07	<u>0,05-0,15</u> 0,39	<u>0,42-9,7</u> 3,09	<u>0,01-1,1</u> 0,33	<u>29,3-119,9</u> 55,6	<u>10,9-19,3</u> 13,9	<u>12,8-16,2</u> 14,6
ГДК _В	6,5-8,5	1,0	10,16	2,0	3,5	15,0-30,0	3,0-6,0	>4,0
ГДК _{ВР}	–	0,02	9,0	0,39	0,2	–	2,0	6,0

Таблиця 5.11 – Вміст пріоритетних токсикантів органічного і неорганічного походження (мг/дм³) у воді р. Великий Куяльник (2004-2007 рр.) [26, 27]

Граничнодопустимі концентрації (ГДК), мг/дм ³	Свинець	Формальдегід	Феноли
	<u>0,035-0,093</u> 0,055	<u>0,012-0,014</u> 0,011	<u>0,01-0,024</u> 0,018
ГДК _В	0,03	0,05	0,001
ГДК _{ВР}	0,1	0,1	0,001

В табл. 5.9-5.11: в чисельнику (цифра над ризикою) наведені граничні значення, в знаменнику (цифра під ризикою) – середні значення за період 2004-2007 рр., ГДК_В – граничнодопустимі концентрації для водойм культурно-побутового та господарсько-питного призначення; ГДК_{ВР} – для водойм рибогосподарського призначення (токсикологічні).

З наведених в табл. 5.10 даних можна зробити висновки, що на високий рівень забруднення органічними сполуками вказують і величини

інтегральних показників органічного забруднення ХСК та БСК₅. Крім того, з табл. 5.10 та 5.11 видно, що вміст амонійного азоту, фосфатів, фенолу та свинцю перевищує величини ГДК для водойм як культурно-побутового і господарчо-питного, так і рибогосподарського призначення. Беручи до уваги те, що на території водозбору відсутні інші значні джерела забруднення водойми, таку ситуацію логічно розглядати, як результат впливу неочищених скидів комунально-побутових стоків з довколишніх населених пунктів та сільськогосподарських стоків з удобрених полів і тваринницьких ферм. Кисневий режим у руслі річки, незважаючи на високі показники БПК₅ (табл. 5.10), які свідчать про істотний антропогенний вплив, у цілому сприятливий, рН річкової води за вегетаційні періоди 2004-2007 рр. коливалася від нейтральної до слабо лужної. За іонним складом вода р. Великий Куяльник солонувата, хлоридно-сульфатного класу, переважно натрієвої групи, третього типу.

Восени 2010 р. в басейні р. В. Куяльник науковцями ОДЕКУ на 12 гідрохімічних станціях були проведені гідрохімічні дослідження (рис. 5.6). Дані гідрохімічних спостережень [27] в деяких штучних водоймах в басейні р. В. Куяльник показали, що температура води восени 2010 р. коливалася в межах від 5,2 до 12,5°C, що пов'язано з теплозапасами водойм, а вони, в свою чергу, залежать від об'ємів води в ставках. Запах води відчувався в пробах води тільки з трьох ставків; слабкий гнилісний запах, з інтенсивністю близько до 2 балів, відзначався тільки в одній пробі (гідрохімічна станція № 8, ставок в с. Вестернічани). Характер запаху був сірчастий. Для цієї ж водойми встановлено, що вміст кисню в ній найменший – 3,47 мгО₂/дм³ (36,7 %О₂). Вірогідніше за все, це пов'язане з деструкцією та розкладанням речовин органічного походження в осінній період, при ще сприятливих для цього температурах води (в цій водоймі вона була найвищою серед усіх водойм). Середня прозорість води в ставках на басейні р. В. Куяльник становила 0,35 м, максимальна – сягала 0,80м (гідрохімічна станція № 3, ставок в с. Северинівка), а мінімальна становила 0,12 м (ставка на р. Суха Журівка, с. Новоолександрівка). В цій же водоймі спостерігалася найбільша рН, яка становила 8,86, при середньому значенні 8,00.

Середня мінералізація води водних об'єктів в басейні р. В. Куяльник осінню 2010 р. становила 4260 мг/дм³, максимальна – 14760 мг/дм³ (ставка нижче с. Шутове), а мінімальна – 813 мг/дм³ (ставка в с. Качурівка). Високі значення мінералізації можуть бути пов'язані з декількома чинниками – припливом високомінералізованих підземних вод (чи верховодки); значним випаровуванням води, що на протязі багатьох років призвело до поступового накопичення вмісту солей у водоймі; за рахунок біогенних елементів органічного походження (відмерлі рослини і тварини); залишками мінеральних добрив й ін.

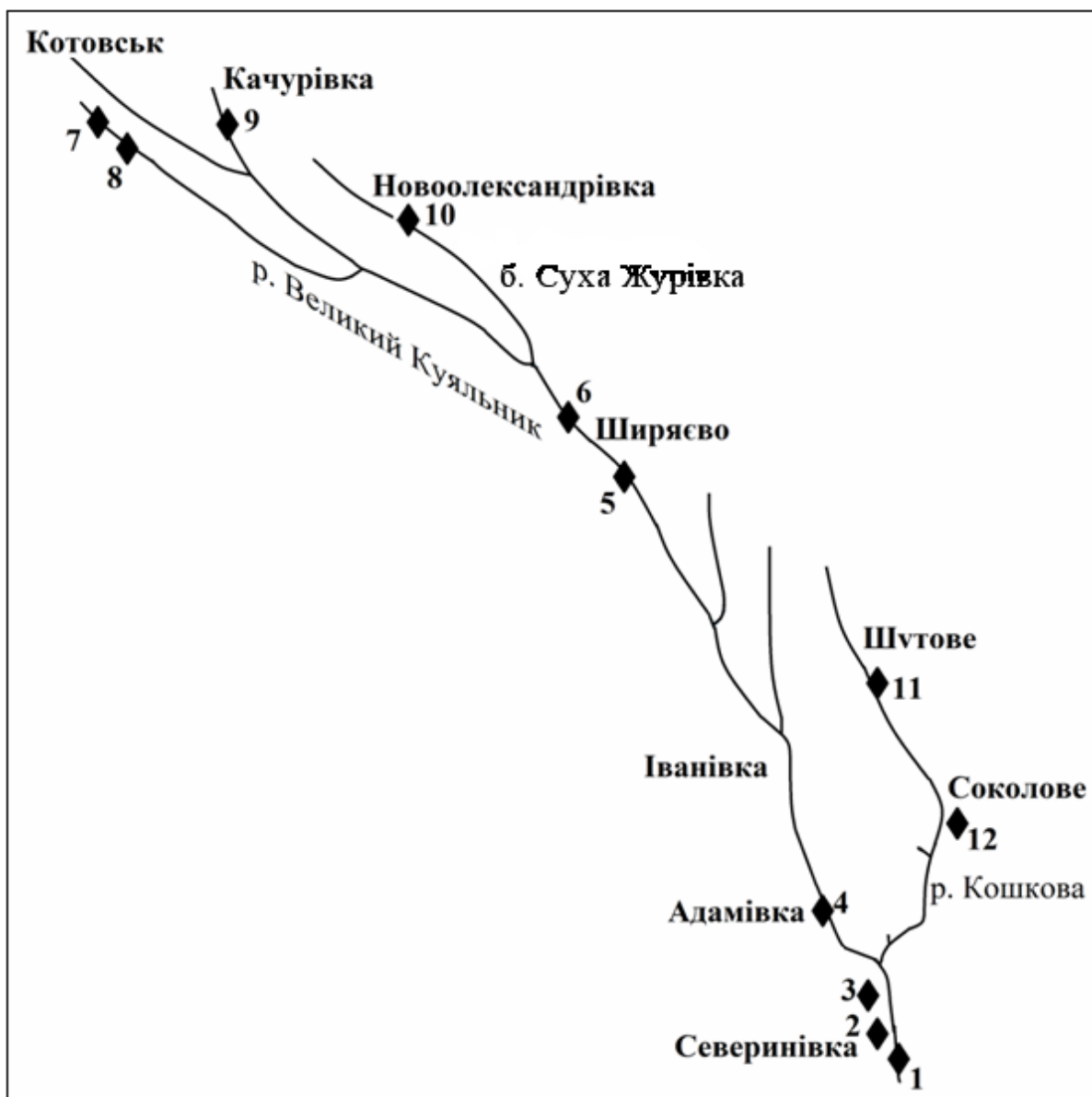


Рис. 5.6 – Місцезнаходження гідрохімічних станцій ОДЕКУ в басейні річки Великий Куяльник восени 2010 р.

5.5 Гідрохімічна характеристика річок Довбока та Кубанка, балок Гільдендорфська та Корсунцівська

В процесі виконання працівниками ОДЕКУ натурних експедиційних гідроекологічних досліджень водних об'єктів в басейнах водотоків і водойм східного і південного берегів Куяльницького лиману в 2012 р. були проведені гідрохімічні дослідження поверхневих і підземних вод в річок Довбока та Кубанка, балок Гільдендорфська та Корсунцівська [28].

Роботи виконувались на мережі гідрохімічних станцій (ГХС) в руслах водотоків, на штучних водоймах і в колодязях (в басейні р. Довбока

– на 8 ГХС, в басейні р. Кубанка – на 14 ГХС, в басейні б. Гільдендорфська – на 4 ГХС, в басейні б. Корсунцівська – на 4 ГХС).

Гідрохімічні дослідження склалися з візуальних спостережень стану поверхні водойм (наявність нафтових або масляних плівок, загибель риби, рослин і т.п.), визначення мінералізації, фізико-хімічних властивостей води (температури, запаху, прозорості, кольоровості), рН, вмісту розчиненого у воді кисню, сірководню, БСК₅ та аналізу хімічного складу води в лабораторії хімії навколишнього середовища ОДЕКУ.

В результаті досліджень *русел водотоків і штучних водойм (ШВ) в басейнах річок Довбока і Кубанка* було встановлено, що колір води в них переважно жовто-коричневий, прозорість вод змінювалась від 0,02 до 0,1 м в басейні р. Довбока і від 0,05 до 0,35 м – в басейні р. Кубанка. На усіх ГХС у воді не було виявлено сірководню. Запах води в більшості випадків був відсутній або землистий, до 2 балів. Смак води в більшості випадків – не виявлений, в гирлі р. Кубанка – солоний, до 5 балів; в гирлі р. Довбока – болотний, до 3 балів. Показник рН змінювався в межах 7,63-8,44 (р.Кубанка) і 8,39-9,56 (р.Довбока), що відповідає «лужній» реакції води. Мінералізація води в гирлі р. Кубанка становила 1665-12992 мг/дм³, в гирлі р.Довбока – 1001-2970 мг/дм³, у штучних водоймах – від 110 до 371 мг/дм³. Загальна твердість води в гирлі р. Кубанка становила 18,4 ммоль/дм³, в гирлі р. Довбока – 7,5 ммоль/дм³, у водоймах басейнів зазначених річок – від 2,5 до 4,63 ммоль/дм³. За іонним складом річки Кубанка і Довбока у гирловій частині домінуючим катіоном є натрій (у ШВ – кальцій), аніоном – хлор. Вміст розчиненого у воді кисню коливався в басейні р. Кубанка в інтервалі 1,94-9,95 мгО₂/дм³, в басейні р. Довбока – 5,62-14,2 мгО₂/дм³. Забрудненість води органічними речовинами за БСК₅ по басейну р.Кубанка становила від 0 до 8,84 мгО₂/дм³, по басейну р. Довбока – від 5,13 до 14,1 мгО₂/дм³. Сполуки азоту були виявлені на всіх ГХС у рр. Кубанка і Довбока, що свідчить про їх постійне забруднення. Серед сполук азоту найбільші концентрації по всіх ГХС установлені для азоту амонійного: у басейні р. Кубанка вони знаходилися у межах 0,076-0,937 мгN/дм³, у басейні р. Довбока – 2,12-3,19 мгN/дм³. Досить високим виявився вміст азоту нітритного, який змінювався по басейну р. Кубанка від 0,066 до 0,507 мгN/дм³, по басейну р. Довбока - від 0,035 до 0,044 мгN/дм³. Вміст азоту нітратного коливався по басейну р. Кубанка від 0 до 0,233 мгN/дм³, по басейну р. Довбока – від 0,029 до 0,032 мгN/дм³. Вміст фосфатів у басейні р. Кубанка змінювався від 0,071 до 0,727 мгP/дм³, а в р.Довбока – від 0,086 до 0,203 мгP/дм³.

В результаті досліджень *грунтових вод в колодязях басейнів річок Довбока і Кубанка* було встановлено, що прозорість води в них була досить висока – від 0,3 до 0,8 м в басейні р. Кубанка і знаходилася в межах від 0,6 до 0,9 м – в басейні р.Довбока. В усіх колодязях у воді не було виявлено сірководню. Запах і смак води в колодязях також не був виявлений.

Показник рН змінювався в межах 7,4-7,67 (р.Кубанка) і 7,14-7,92 (р.Довбока), що відповідає «лужній» реакції води. Мінералізація ґрунтових вод в басейні р.Кубанка становила 1589-3538 мг/дм³, в басейні р.Довбока – 209-3252 мг/дм³. Загальна твердість ґрунтових вод в басейні р.Кубанка становила 12,5 ммоль/дм³, в басейні р.Довбока – змінювалася від 11 до 32,3 ммоль/дм³. За іонним складом ґрунтових вод у рр. Кубанка і Довбока домінуючим катіоном є натрій, аніоном – хлор. Забрудненість ґрунтових вод органічними речовинами за БСК₅ по басейну р. Кубанка становила 0,85 мгО₂/дм³, по басейну р. Довбока – від 0,16 до 0,43 мгО₂/дм³. Сполуки азоту були виявлені у всіх відібраних пробах ґрунтових вод, що вказує на їх постійне забруднення. Концентрація азоту амонійного змінювалась від 0,07 (басейн р. Кубанка) до 14,9 мгN/дм³ (басейн р. Довбока). Вміст азоту нітритного коливався від 0,07 мгN/дм³ (басейн р.Кубанка) до 4,37 мгN/дм³ (басейн р.Довбока). Вміст азоту нітратного знаходився у межах від 0,078 (р. Кубанка) до 11,8 мгN/дм³ – по басейну р. Довбока. Вміст фосфатів у ґрунтових водах басейну р. Кубанка становив 0,071 мгP/дм³, в р. Довбока – 0-2,17 мгP/дм³.

Таким чином, при вивченні гідрохімічних показників річок Кубанка і Довбока в басейні Куяльницького лиману було встановлено, що поверхневі та підземні води в басейнах цих річок зазнають забруднення, яке проявляється у підвищених концентраціях сполук азоту і фосфору. Найбільш забрудненими є ґрунтові води в басейні р. Довбока.

В результаті досліджень *штучних водойм (ШВ) в басейнах балок Корсунцівська і Гільдендорфська* було встановлено, що гідрохімічні показники водойм та їх динаміка досить подібні. Так, колір води у водоймах був переважно жовто-коричневий, прозорість вод змінювалась від 0,3 до 0,43 м в басейні б. Корсунцівська і від 0,2 до 0,35 м – в басейні б. Гільдендорфська. В усіх ГХС у воді не було виявлено сірководню. Органолептичні показники водойм були відмінні (запах і смак відсутні). Показник рН змінювався в межах 7,2-7,49 (б. Корсунцівська) і 8,28-8,94 (б.Гільдендорфська), що відповідає «лужній» реакції води. Мінералізація води в обох балках зростає за течією і становила в б. Корсунцівська 947-2673 мг/дм³, в б.Гільдендорфська – 1363-6785 мг/дм³. Аналогічно змінюється загальна твердість води – в б. Корсунцівська зростає з 10 до 23,5 ммоль/дм³, в б. Гільдендорфська – з 16,9 до 47,5 ммоль/дм³. За іонним складом у бб. Корсунцівська і Гільдендорфська домінуючим катіоном є натрій, аніоном – сульфати (б. Корсунцівська), гідрокарбонат і хлор (б.Гільдендорфська). Вміст розчиненого у воді кисню коливався у ШВ в басейні б. Корсунцівська в інтервалі 4,06-4,5 мгО₂/дм³, в ШВ басейну б.Гільдендорфська – від 12,3 до 17,42 мгО₂/дм³. Забрудненість води органічними речовинами за БСК₅ по басейну б. Корсунцівська становила від 4,06 до 4,50 мгО₂/дм³, по басейну б. Гільдендорфська – від 6,67 до 9,57 мгО₂/дм³. Сполуки азоту і фосфору були виявлені по всім ГХС у

балках Корсунцівська і Гільдендорфська, що свідчить про їх постійне забруднення. Вміст азоту амонійного в обох балках зростає вздовж течії у ШВ б. Корсунцівська з 0,711 до 4,76 мгN/дм³, у ШВ б. Гільдендорфська – з 0,538 до 5,55 мгN/дм³. Досить високим виявився вміст азоту нітритного, який у ШВ б. Корсунцівська змінювався від 0,061 до 0,599, у ШВ б. Гільдендорфська – від 0,079 до 0,804 мгN/дм³. Вміст азоту нітратного зменшувався вздовж течії по ШВ б. Корсунцівська від 1,047 до 0,078 мгN/дм³, по ШВ басейну б. Гільдендорфська вміст нітратів зростає від 0,194 до 2,754 мгN/дм³. Вміст фосфатів у басейні б. Корсунцівська у ШВ вздовж течії зменшувався від 0,384 до 0,135 мгP/дм³, а в б. Гільдендорфська – збільшувався від 0,051 до 0,1 мгP/дм³.

Таким чином, при вивченні гідрохімічних показників штучних водойм балок Корсунцівська і Гільдендорфська в басейні Куяльницького лиману було встановлено, що водні об'єкти балок зазнають забруднення і простежуються просторові особливості зміни вмісту в них біогенних сполук. Найбільш забрудненими виявилися поверхневі води в балці Гільдендорфська (в районі с. Красносілка). В цьому районі біля ШВ в південній частині с. Красносілка виявлене величезне несанкціоноване звалище сміття і скид неочищених господарсько-побутових стічних вод від приватних будинків безпосередньо в балку.

5.6 Загальна гідрохімічна характеристика ставків пересипу між лиманом і морем

За результатами гідроекологічних досліджень (у тому числі гідрохімічних зйомок) ОДЕКУ в 2012 р. [25, 28, 29] штучних водойм пересипу (див. розділ 4, рис. 4.5) встановлено, що площа водної поверхні ставка 1 становила майже 0,377 млн. м², об'єм води – майже 0,393 млн. м³, а середня глибина – 1,04 м, площа водної поверхні ставка 2 – 0,167 млн. м², об'єм води – 0,058 млн. м³, а середня глибина – 0,34 м. Ставки 3 та 4 були майже пересохлими (станом на середину травня 2012 р.). Також встановлено, що мав місце перетік води впродовж періоду з квітня по вересень 2012 р. був з ставка 1 в ставок 2, а в періоди інтенсивних зливових дощів, як наприклад, 24 травня 2012 р., в ставках пересипу спостерігалось швидке та значне підвищення рівня води, в деяких випадках на 0,5 м, що пояснюється сучасними умовами формування водного режиму цих ставків. Такий водний режим ставків має вплив на їх гідрохімічний режим.

Температура води в ставках пересипу змінювалася від 21,4 до 24,3°C, прозорість води – від 1,3 (ставок 2) до 0,60 м (ставок 1), колір води – від жовтого (ставок 2) до брунатно-жовтого (ставок 1), спостерігався слабкий вуглеводний (ставок 1) та гнильний (ставок 2) запах води з інтенсивністю 2

бали, рН – від 7,98 (ставок 1) до 8,11 (ставок 2), значення окислювально-відновного потенціалу – від мінус 51 (ставок 2) до мінус 154 мВ (ставок 1), що свідчить про вміст та стадію трансформації органічних речовин у воді цих водойм [29]. Мінералізація води ставків пересипу в середньому становила 3533 мг/дм³ та зменшувалася до 1600-1800 мг/дм³ – після випадіння інтенсивних атмосферних опадів. Наявність вмісту у воді сірководню не встановлена. Вміст розчиненого кисню був від 3,13 (ставок 2) до 6,55 мгО₂/дм³ (ставок 1), БСК₅ – від 1,35 до 0,13 мгО₂/дм³.

На узбережжі ставків розташовані несанкціоновані звалища сміття, на ділянках прибережних смуг акваторії водойм (особливо прилеглих до Об'їзної дороги м. Одеси) була виявлена нафтова плівка, а в деяких місцях дна водойм виявлені нафтопродукти (мазут).

5.7 Екологічна оцінка якості вод річок Довбока та Кубанка, балок Гільдендорфська та Корсунцівська, водойм пересипу

Оцінка якості води та екологічного стану річок Кубанка, Довбока, балок Корсунцівська, Гільдендорфська та озер пересипу здійснювалась на основі даних натурних спостережень, здійснених ОДЕКУ в 2012 р. за «Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [30]. Ця методика дозволяє виконувати екологічну оцінку якості води – одержувати інформацію про воду як складову водної екосистеми, життєве середовище гідробіонтів і важливу частину природного середовища людини. Крім того, методика передбачає проведення оцінки для середніх і найгірших значень гідрохімічних і гідробіологічних показників екологічного стану водних об'єктів, які зведені в межах трьох блоків. Залежно від кількості вхідних параметрів (повноти наявних показників) екологічна оцінка якості води буває повною (за всіма показниками) і орієнтовною (за не повним переліком показників, які передбачені в методиці).

За обсягом і переліком наявних даних по гідрохімічних показниках досліджуваних водних об'єктів в басейні Куяльницького лиману була здійснена орієнтовна екологічна оцінка якості води за окремими показниками. При цьому за наявними параметрами визначались значення двох блокових індексів якості води – сольового складу і еколого-санітарного (трофо-сапробіологічного). На основі значень блокових індексів якості води визначалася їх приналежність до певного класу і категорії якості води (за допомогою систем екологічної класифікації цієї методики). Розрахунок виконувався за середніми та екстремальними (найгіршими) значеннями показників.

За визначеними екологічними індексами (I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу, I_2 – індекс трофо-сапробіологічних

показників) обчислювались значення екологічного (інтегрального) індексу якості води I_e . Перелік показників, за якими здійснювалося оцінювання якості води за відповідними категоріями, наведений в табл. 5.12, а розрахункові блоки та екологічний індекси – в табл. 5.13.

Таблиця 5.12 – Показники екологічної оцінки якості води

Показники сольового складу	Трофо-сапробіологічні показники
Мінералізація, мг/дм ³	Прозорість, м
	pH
	Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³
Хлор, мг/дм ³	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³
	Азот амонійний, мгN/дм ³
	Азот нітритний, мгN/дм ³
Сульфат, мг/дм ³	Азот нітратний, мгN/дм ³
	Фосфор фосфатний, мгP/дм ³

Води р. Довбока за критерієм мінералізації є солонуватими мезогалінними, за критеріями іонного складу за середніми значеннями належать до хлоридного класу, групи натрію, тип III, за максимальними значеннями – до сульфатного класу, групи натрію, тип III. Води р. Кубанка за критерієм мінералізації є солонуватими мезогалінними, за критеріями іонного складу за середніми і максимальними значеннями характеризуються хлоридним класом, групи натрію, тип III.

Води балок Гільдендорфська і Корсунцівська за критерієм мінералізації є солонуватими мезогалінними, за критеріями іонного складу характеризуються приналежністю до сульфатного класу, відрізняючись переважним катіоном. Води б. Гільдендорфська за середніми значеннями належать до групи натрію, тип II, за максимальними значеннями – до групи натрію, тип III. Води б. Корсунцівська за середніми та максимальними значеннями належать до групи натрію, тип II. За критеріями іонного складу води ставків пересипу характеризуються приналежністю до сульфатного класу, групи натрію, тип II.

Проведена екологічна оцінка якості води водних об'єктів в басейні Куяльницького лиману за відповідним категоріями (табл. 5.13) показала, що за інтегральним (екологічним) індексом за середніми значеннями показників екологічний стан річок Довбока і Кубанка та балки Корсунцівська відповідають II класу (3 категорія), тобто за станом оцінюється як «добрий», за ступенем чистоти вони є «досить чисті», за трофністю – «мезоевтрофні», за сапробністю – «β'-мезосапробні».

Таблиця 5.13 – Результати екологічної оцінки якості води річок Довбока та Кубанка, балок Гільдендорфська та Корсунцівська, водойм пересипу (згідно [26]) за даними ОДЕКУ в 2012 р. [28, 29]

Показники	Блокові індекси		Інтегральний екологічний індекс					
	I ₁	I ₂	I _e	Клас (категорія)	Екологічна класифікація			
					за станом	за ступенем чистоти	трофність	сапробність
річка Довбока								
середні	1,33	5,88	3,60	II (3)	Добрі	Досить чисті	Мезо-евтрофні	β'-мезо-сапробні
найгірші	4,67	7,00	5,83	III (5)	Посередні	Помірно забруднені	Евполі-трофні	α'-мезо-сапробні
річка Кубанка								
середні	2,00	4,75	3,38	II (3)	Добрі	Досить чисті	Мезо-евтрофні	β'-мезо-сапробні
найгірші	5,33	5,88	5,60	III (5)	Посередні	Помірно забруднені	Евполі-трофні	α'-мезо-сапробні
балка Корсунцівська								
середні	2,33	4,88	3,60	II (3)	Добрі	Досить чисті	Мезо-евтрофні	β'-мезо-сапробні
найгірші	4,33	5,63	4,98	III (4)	Задовільні	Слабко забруднені	Евтрофні	β"-мезо-сапробні
балка Гільдендорфська								
середні	6,00	5,13	5,56	III (5)	Посередні	Помірно забруднені	Евполі-трофні	α'-мезо-сапробні
найгірші	6,33	5,75	6,04	IV (6)	Погані	Брудні	Полі-трофні	α"-мезо-сапробні
водойми пересипу (ставок 1 та 2)								
середні	6,33	4,00	5,17	III (5)	Посередні	Помірно забруднені	Евполі-трофні	α'-мезо-сапробні
найгірші	6,67	4,50	5,58	III (5)	Посередні	Помірно забруднені	Евполі-трофні	α'-мезо-сапробні

Рівень забруднення речовинами трофо-сапробіологічного блоку (передусім, біогенними сполуками, погіршеним кисневим режимом, високим вмістом органічних речовин) в 2-4,4 раза переважає забруднення по сольовому блоку (вміст хлоридів, сульфатів, мінералізація). За найгіршими (екстремальними) значеннями показників за екологічною класифікацією водні екосистеми річок Довбока і Кубанка та балки Корсунцівська відповідають III класу (4-5 категорія), тобто, за станом оцінюються як «задовільні» та «посередні», за ступенем чистоти – «слабко забруднені» та «помірно забруднені», за трофністю – «евтрофні» та «евполітрофні», за сапробністю – « β '- та α '-мезосапробні». Найбільшим є рівень забруднення речовинами трофо-сапробіологічного блоку, але значно зростає також забрудненість речовинами сольового блоку.

Екологічний стан ставків пересипу за середніми і найгіршими значеннями показників за екологічною класифікацією оцінюється на рівні III класу (5 категорія) за станом як «посередні», за ступенем чистоти «помірно забруднені», за трофністю – «евполітрофні», за сапробністю – « α '-мезосапробні». Найбільшим є рівень забрудненості води компонентами сольового складу, який в 1,5 рази більший, ніж забруднення речовинами трофо-сапробіологічного блоку.

Екологічний стан водних екосистем в басейні балки Гільдендорфська за середніми значеннями показників за екологічною класифікацією відповідає III класу (5 категорія), тобто, за станом «посередні», за ступенем чистоти «помірно забруднені», за трофністю – «евполітрофні», за сапробністю – « α '-мезосапробні». За найгіршими значеннями показників екологічний стан водойм в балці Гільдендорфська відповідає IV класу (6 категорія), тобто за станом вони «погані», за ступенем чистоти – «брудні», за трофністю – «політрофні», за сапробністю – « α '-мезосапробні». Рівень забруднення речовинами сольового блоку є найбільшим і незначно перевищує забрудненість по трофо-сапробіологічному блоку.

В цілому екологічний стан річок, балок і озер в басейні Куяльницького лиману за методикою [30] оцінюється як незадовільний. В порівняно кращому стані перебувають штучні водойми в балці Корсунцівська, в найгіршому – в балці Гільдендорфська. У всіх досліджуваних водних об'єктах якість води погіршується внаслідок високих концентрацій мінеральних і біогенних речовин, органічних сполук. В критичні періоди (маловоддя або при забрудненні) якість води та екологічний стан зазнають відчутного погіршення.

За рівнем трофності (кількості органіки і біогенних елементів на одиницю об'єму води, що визначає біорізноманіття вод) водні екосистеми річок, балок і ставків в басейні Куяльницького лиману потенційно відносяться до середньо- і високопродуктивних, а за сапробністю (ступенем забруднення органічними речовинами) їх стан відповідає рівню «мезосапробні».

Екологічний стан річок Довбока і Кубанка за середніми і найгіршими значеннями показників відповідає перехідному « β - α -мезосапробному». Водойми в басейні балки Корсунцівська, яка знаходиться в порівняно кращому екологічному стані, за сапробністю є « β -мезосапробними». Водойми в басейні балки Гільдендорфська і ставки пересипу за всіма показниками відносяться до категорії « α -мезосапробні».

Оцінюючи екологічний стан водотоків східного берега Куяльницького лиману за окремими показниками, можна відзначити досить низьку прозорість вод та перевищення вмісту хлору у водах р. Кубанка, сульфатів – у водах р. Довбока, б. Гільдендорфська, ставок пересипу. Дефіцит вмісту розчиненого кисню по більшості ГХС у досліджуваних водних об'єктах є причиною утворення несприятливих анаеробних умов. Значне забруднення сполуками азоту – азоту нітритного та амонійного, що спостерігається в водах річок Довбока і Кубанка, балок Гільдендорфська і Корсунцівська, є свідченням протікання зворотного процесу трансформації азотних сполук в умовах значного біогенного навантаження.

5.8 Оцінка якості води річок Довбока та Кубанка, балок Гільдендорфська та Корсунцівська, водойм пересипу за гідрохімічними показниками

В цьому розділі представлені результати оцінки якості води річок і балок та штучних водойм в басейні Куяльницького лиману за методом Гідрохімічного інституту (ГХІ) [31], який розроблений і використовується у діяльності установ Державної гідрометеорологічної служби та Державного агентства водних ресурсів України. Метод ГХІ полягає в одержанні однозначної оцінки якості води та проведенні на її основі класифікації води за ступенем придатності для основних видів водокористування.

Для оцінки якості води поверхневих вод в басейні Куяльницького лиману за методом ГХІ були використані рибогосподарські нормативи ГДК, виходячи з сучасного та перспективного напряму господарського використання досліджуваних водних об'єктів і особливостей хімічного складу води в них.

Метод ГХІ для встановлення рівня якості водних об'єктів передбачає проведення трьохступеневої класифікації за ознаками повторюваності випадків забруднення, кратності перевищення нормативів, а також з урахуванням характеру забрудненості води окремими гідрохімічними показниками. В результаті якості води оцінюється за різними класами забрудненості, що відповідним чином впливає на придатність води для певних цілей (табл. 5.14).

Таблиця 5.14 – Вплив забруднення на можливість використання води водотоків [31]

Стан води	Види водокористування					
	Господарсько-питне	Рекреація	Побутове	Рибне господарство	Промисловість	Зрошення
Слабко забруднена	Придатна з очисткою	Використовується	Придатна	Придатна для деяких видів риб	Придатна для всіх видів	Придатна
Забруднена	Не придатна	Не придатна	Не придатна	Не придатна	Ускладнене	Придатна з обмеженнями
Брудна	Не придатна	Взагалі не придатна	Не придатна	Не придатна	Можливе для спеціальних цілей після очистки	Ускладнене
Дуже брудна	Не придатна	Не використовується	Взагалі не можливе	Не можливе	Можливе в окремих випадках	Можливе в окремих випадках

В результаті застосування методики ГХІ за кожним гідрохімічним показником окремо і за їх сукупністю встановлюється рівень забруднення водного об'єкта і речовини ЛОЗ (лімітуючі ознаки забруднення), тобто гідрохімічні показники, які найбільше забруднюють воду, роблячи її непридатною для певного виду водокористування.

Для оцінки якості води були використані дані гідрохімічних досліджень в басейнах рр. Довбока, Кубанка, бб. Гільдендорфська, Корсунцівська, ставків пересипу, одержані в результаті гідрохімічних спостережень ОДЕКУ в 2012 р. [25, 28, 29] Розрахунок виконувався для 13 гідрохімічних показників згідно рибогосподарських нормативів (ГДК_{р-г}). Результати оцінки якості води за методом ГХІ наводяться в табл. 5.15.

Загальна характеристика якості води р. Довбока (табл. 5.15) продемонструвала переважання IV класу якості («Дуже брудна»), з найгіршою якістю води (розряд *a*) в середній ділянці річки (ставок в гирлі лівої притоки річки, вище с. Созонівка) до витoku (розряд *в*). Винятком є ставок у верхів'ях річки (в межах с. Павлінка), де вода за якістю належала до III класу та була «Брудною». Питомий комбінаторний індекс забруднення (ПКІЗ) змінювався від 2,9 до 7,1 балів. Найбільшим забруднювачем води був азот нітритний. Крім того, відзначено погіршення кисневого режиму.

Таблиця 5.15 – Результати оцінки придатності вод річок, балок та штучних водойм в басейні Куяльницького лиману для рибогосподарських потреб за методом ГХІ за даними ОДЕКУ в 2012 р. [28, 29]

Річка, балка, ставок	Речовини ЛОЗ	КІЗ	ПКІЗ, бал	Клас якості (згідно табл. 5.14)
Гирло р. Довбока (в руслі нижче с. Новокубанка)	–	57	4,4	IV, <i>a</i> – «Дуже брудна»
Середня ділянка р. Довбока (ставок вище с. Созонівка)	O_2 , NO_2^-	92	7,1	IV, <i>в</i> – «Дуже брудна»
Верхів'я р. Довбока (ставок в межах с. Павлінка)	–	38	2,9	III – «Брудна»
Гирло р. Кубанка (нижче впадіння б. Дикарська)	–	72	5,5	IV, <i>a</i> – «Дуже брудна»
В руслі р. Кубанка (в створі моста нижче с. Кубанка)	NO_2^-	78	6,0	IV, <i>б</i> – «Дуже брудна»
В руслі р. Кубанка (ставок в межах с. Кубанка)	–	42	3,2	III – «Брудна»
Ставок на б. Дикарська (в створі с. Кремидівка)	NO_2^-	40	3,1	III – «Брудна»
Ставок на б. Букачі (в межах с. Шаманівка)	–	36	2,8	III – «Брудна»
Нижній ставок на б. Корсунцівська	SO_4^{2-} , NO_2^-	89	6,8	IV, <i>в</i> – «Дуже брудна»
Нижній ставок на б. Гільдендорфська	NO_2^-	67	5,2	IV, <i>a</i> – «Дуже брудна»
Ставки 1 та 2 на пересипу між лиманом і морем	SO_4^{2-}	74	5,7	IV, <i>б</i> – «Дуже брудна»

Результати оцінки якості води в басейні р. Кубанка (табл. 5.15) свідчать про переважання в нижній частині річки (нижче с. Кубанка) IV-го класу якості («Дуже брудна», розряди *a*, *б*). В середній ділянці річки (ставок в межах с. Кубанка) та у верхів'ях приток р. Кубанка (ставки на балках Дикарська та Букачі) спостерігається поліпшення якості води до III класу («Брудна»). Питомий комбінаторний індекс забруднення змінювався від 2,8 до 6,0 балів. Найбільший забруднювач води – азот нітритний.

Загальна характеристика якості води на балках Гільдендорфська та Корсунцівська (табл. 5.15) свідчить про переважання IV класу якості води («Дуже брудна», розряди *a*, *в*). Крім того, питомий комбінаторний індекс забруднення (ПКІЗ) цих балок змінювався від 5,2 (б. Гільдендорфська) до 6,8 балів (б. Корсунцівська). Найбільшими забруднювачами води були азот нітритний і сульфати.

Стан води ставків пересипу (табл. 5.19) характеризується IV класом якості води («Дуже брудна», розряд *б*). Крім того, визначено, що ПКІЗ дорівнював 5,7 балів, а найбільшим забруднювачем води були сульфати.

Результати визначення класів якості та забрудненості води окремими речовинами дозволяють зробити висновок, що за хімічним складом води річок і балок східного берега Куяльницького лиману та ставків пересипу між лиманом і морем не можуть бути використані для рибогосподарських потреб без ризику для риб та кінцевого споживача – людини. Обмежений водообмін і накопичення забруднювальних речовин в умовах відсутності достатнього припливу води з водозбірної басейну та інтенсивного випаровування з водної поверхні штучних водойм, надходження забруднених господарсько-побутових вод з приватного сектора, зі звалищ, забрудненого поверхневого стоку призводять до накопичення у водах надлишкових концентрацій головних іонів, біогенних речовин, до розвитку дефіциту (відсутності) розчиненого у воді кисню та, як наслідок, до значного біогенного навантаження, а отже й до деградації водотоків і екосистеми Куяльницького лиману. Поліпшити ситуацію дозволить комплекс науково-обґрунтованих заходів щодо усунення впливу речовин ЛОЗ, поліпшення водообміну, суворого дотримання вимог водоохоронного законодавства.

5.9 Оцінка придатності підземних (грунтових) вод річок Довбока та Кубанка для споживання людиною

Придатність підземних вод у колодязях в басейнах річок Довбока та Кубанка для споживання людиною оцінювалась за даними гідрохімічних спостережень ОДЕКУ в 2012 р. [28]. Оцінка виконувалась з використанням ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [32], а також ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» [33].

Результати оцінки придатності підземних вод у колодязях в басейні р. Довбока за гігієнічними нормативами санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води такі:

а) органолептичні показники води (запах, забарвленість, смак і присмак) не перевищують встановлених нормативів;

б) за фізико-хімічними показниками: водневий показник – води не перевищують встановлені межі; твердість – за середніми значеннями спостерігається перевищення в 1,9 раза, за максимальними значеннями – в 3,2 раза; сульфати – в середньому перевищують норматив у 1,0 раз, за максимальними значеннями – в 2,4 раза; сухий залишок – за середніми значеннями перевищення не спостерігається, за максимальними є

перевищення в 2,2 рази; хлор – за середніми значеннями перевищення – не спостерігається, за максимальними – є перевищення в 1,1 рази;

в) за санітарно-токсикологічними показниками: амоній – за середніми значеннями є перевищення в 2,0 рази, за максимальними значеннями – в 5,7 разів; нітрати – за середніми значеннями перевищення не спостерігається, за максимальними є перевищення в 1,1 рази; нітрити – за середніми значеннями є перевищення в 2,6 рази, за максимальними значеннями є перевищення в 4,4 рази.

Оцінка придатності підземних вод, розташованих в басейні р. Кубанка, за гігієнічними нормативами санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води з колодязів показала, що:

а) органолептичні показники води (запах, забарвленість, смак і присмак) не перевищують встановлених нормативів;

б) за фізико-хімічними показниками: водневий показник – води не перевищує встановлені межі; твердість – за середніми значеннями є перевищення в 1,2 рази; сульфати – перевищень не спостерігається; сухий залишок – за середніми значеннями є перевищення в 1,4 рази, за максимальними значеннями є перевищення в 2,3 рази; хлор – за середніми значеннями спостерігаються перевищення в 1,3 рази;

в) за санітарно-токсикологічними показниками: амоній, нітрати, нітрити – відсутні будь-які перевищення.

Оскільки однією з найголовніших вимог щодо безпечності використання води для пиття людиною є вимога про сприятливість її органолептичних властивостей та нешкідливість хімічного складу, то за санітарно-хімічними показниками безпечності та якості питної води [32] підземні води у колодязях в басейнах річок Довбока та Кубанка є небезпечними та неякісними.

Результати оцінки якості води підземних джерел (колодязів), розташованих в басейнах річок Довбока та Кубанка, як потенційно можливих для централізованого питного водопостачання за гігієнічними та екологічними критеріями, представлені в табл. 5.16. Етапи визначення за цією методикою є аналогічними до наведених в методиці [30].

У 2012 р. підземні (грунтові) води в колодязях басейну р. Довбока за середніми значеннями були (табл. 5.16): «відмінними» або дуже чистими – за органолептичними показниками (запах, присмак) та NO_3^- ; «добрими» або чистими вони – за загально-санітарними показниками (Cl^- , pH) та забарвленістю; «задовільними» або слабкозабрудненими – за мінералізацією та PO_4^{3-} ; «посередніми» або небажаної якості – за SO_4^{2-} , Mg^{2+} , NO_2^- , NH_4^+ та твердістю. За максимальним значеннями води були: «добрими» або чистими – за органолептичними показниками (запах, присмак, забарвленість) та pH; «задовільними» або слабкозабрудненими – за Cl^- ; «посередніми» або небажаної якості – за мінералізацією, SO_4^{2-} , Mg^{2+} , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} та твердістю.

Таблиця 5.16 – Класи якості підземних вод у колодязях річок Довбока та Кубанка (згідно [32]) за даними ОДЕКУ в 2012 р. [28]

Групи показників якості води	Показники якості підземних вод у колодязях	Клас якості підземних вод в басейні			
		р. Довбока		р. Кубанка	
		середній	найгірший	середній	найгірший
Органолептичні	Запах	1	2	1	1
	Присмак	1	2	1	2
	Забарвленість	2	2	–	–
Загально-санітарні	Мінералізація	3	4	4	4
	SO_4^{2-}	4	4	3	–
	Cl^-	2	3	4	–
	Mg^{2+}	4	4	4	–
	Твердість загальна	4	4	4	–
	pH	2	2	3	3
	NO_2^-	4	4	2	–
	NO_3^-	1	4	1	–
	NH_4^+	4	4	1	–
	PO_4^{3-}	3	4	1	–

З табл. 5.16 видно, що в 2012 р. підземні (грунтові) води у колодязях басейна р. Кубанка за середніми значеннями були: «відмінними» або дуже чистими – за органолептичними показниками (запах, присмак), NO_3^- , NH_4^+ та PO_4^{3-} ; «добрими» або чистими вони – за загально-санітарними показниками (NO_2^-), «задовільними» або слабкозабрудненими – за SO_4^{2-} , pH; «посередніми» або небажаної якості – за мінералізацією, Cl^- , Mg^{2+} та твердістю. За максимальними значеннями підземні (грунтові) води були: «відмінними» або дуже чистими – за запахом; «добрими» або чистими – за присмаком; «задовільними» або слабкозабрудненими – за показником pH, «посередніми» або небажаної якості – за мінералізацією.

Узагальнене оцінювання якості води підземних вод у колодязях в басейнах річок Довбока та Кубанка в 2012 р., як потенційно можливих для централізованого водопостачання населених пунктів на водозборах цих річок, засвідчило, що за середніми значеннями показників якості (табл. 5.17) вода р. Довбока належала до 2 класу підкласу 2, тобто була «Добра», чиста вода прийнятної якості, а вода р. Кубанка належала до 2 класу підкласу 2(1) – «Добра», чиста вода з наближенням до класу «відмінної», дуже чистої. За максимальними значеннями: вода в колодязях р. Довбока належала до 3 класу підкласу 3(2), тобто була «Задовільна», слабкозабруднена вода з ухилом до класу «доброї», чистої, вода р. Кубанка належала до 2 класу підкласу 2(3) – «Добра», чиста вода з наближенням до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості.

Таблиця 5.17 – Оцінка придатності підземних вод річок Довбока і Кубанка для питного водопостачання (згідно [33]) за даними ОДЕКУ в 2012 р. [28]

Показник	Басейн р. Довбока		Басейн р. Кубанка	
	середній	найгірший	середній	найгірший
I_1	1,33	2,00	1,00	1,50
Клас (підклас)	1, 1 (2)	2, 2	1, 1	1, 1 (2)
Характеристика класів	«Відмінна», дуже чиста вода з наближенням до класу «доброї», чистої води бажаної якості	«Добра», чиста вода прийнятної якості	«Відмінна», дуже чиста вода	«Відмінна», дуже чиста вода з наближенням до класу «доброї», чистої води бажаної якості
I_2	3,10	3,70	2,70	3,50
Клас (підклас)	3, 3	4, (3-4)	3, (2-3)	3, 3(4)
Характеристика класів	«Задовільна», слабо-забруднена вода прийнятної якості	Вода перехідна за якістю від «задовільної», слабо-забрудненої прийнятної якості до «обмежено придатної» небажаної якості	Вода, перехідна за якістю від «доброї», чистої до «задовільної», слабо-забрудненої	«Задовільна», слабо-забруднена вода з наближенням до класу «обмежено придатної», небажаної якості
I_k	2,21	2,85	1,85	2,50
Клас (підклас)	2, 2	3, 3(2)	2, 2(1)	2, 2(3)
Характеристика класів	«Добра», чиста вода прийнятної якості	«Задовільна», слабо забруднена з наближенням до класу «доброї», чистої	«Добра», чиста вода з наближенням до класу «відмінної», дуже чистої	«Добра», чиста вода з наближенням до класу «задовільної», слабо-забрудненої прийнятної якості

Згідно з [33], такі води при їх використанні для централізованого водопостачання потребують додаткової очистки (кондиціювання за органолептичними показниками та показниками хімічного складу води).

До розділу 5

1. *Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б.* Гідрохімічний довідник: Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу. – К.: Ніка центр, 2008. – 656 с.
2. *Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М.* Основи гідрохімії: Підручник. – К.: Ніка-Центр, 2012. – 312 с.
3. *Горев Л.Н., Пелешенко В.И., Курничный В.В.* Методика оптимизации природной среды обитания: Монография. – К.: Либідь, 1992. – 528 с.
4. *Гриб О. М., Гриб К. О.* Характеристика хімічного складу атмосферних опадів в районі Куяльницького лиману (м. Одеса) / Екологічні проблеми природокористування та охорона навколишнього середовища: Зб. наук. пр. Другої Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнар. уч. (Рівне, 21-23 жовтня 2015 р.) / Рівненський держ. гуманітарний ун-т; за ред. проф. Д.Л. Лико [та ін.]. – Рівне: РДГУ, 2015. – С. 38-39.
5. *Комплексне управління водними ресурсами басейну Куяльницького лиману та його гідроекологічним станом в умовах господарської діяльності і кліматичних змін: звіт про НДР (проміжний) / Одеський держ. екол. ун-т; керівник роботи Н.С. Лобода.* – Одеса, 2015. – ДР № 0115U000631 – 394 с.
6. *Архів погоди в Одесі (01.02.2005-22.12.2015).* Метеостанція № 33837 (WMO ID) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rp5.ua>.
7. *Горев Л.М., Пелешенко В.І., Хільчевський В.К.* Гідрохімія України: підручник. – К.: Вища школа, 1995. – 307 с.
8. *Паспорт реки Большой Куяльник.* – Одесса: Госкомводхоз Украины, 1992. – 130 с.
9. *Оцінка багаторічних змін складових водного балансу Куяльницького лиману для розробки рекомендацій по збереженню його природних ресурсів: звіт про НДР (заключний) / Одеський держ. екол. ун-т; керівник роботи Є.Д. Гопченко.* – Одеса, 2009. – ДР № 0110U008222 – 90 с.
10. *Розенгурт М.Ш.* Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. – К.: Наук. думка, 1974. – 225 с.
11. *Загоровский Н.А., Багдасарьянц А., Окул А.В.* О колебаниях гидрологических и биологических свойств Одесских лиманов. – Тр. Всеукр. ин-та курортологии и бальнеологии. – 1933. – выпуск 2. – С.37-44.
12. *Гопченко Є.Д., Гриб О.М.* Оцінка складових водного балансу Куяльницького лиману та визначення причин сучасного обміління водойми // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2010. – Вип. 51. – С. 200-215.
13. *Эннан А.А., Шихалеева Г.Н., Бабиниц С.К., Мариняко Л.А., Чурсіна О.Д., Сизо А.В., Гордеева Л.В.* Особенности ионно-солевого состава воды

- Куяльницького лимана // Вестник ОНУ. – 2006. – Т. 11. – Вып. 2. – С. 67-74.
14. *Адобовский В.В., Богатова Ю.И., Большаков В.Н. и др.* Куяльницкий лиман // В кн. Северо-западная часть Черного моря: Биология и экология / под ред. Ю.П.Зайцева, Б.Г.Александрова, Г.Г. Миничевой. - Киев: Наукова думка. – 2006. – С. 407-411.
 15. *Андрианова О.Р., Белевич Р.Р., Скипа М.И.* Об особенностях изменчивости основных характеристик Одессы в XX столетии // Морской гидрофизический журнал. – 2005. – № 5 – С. 19-29.
 16. *Справочник по гидрохимии* / под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988 – 391с.
 17. *Отчёты о работе гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции за 1959-1972, 1974, 1975, 1977-1984, 1986-1988, 1991-1996 годы.* – Одесса, 1954, 1960-1973, 1975, 1976, 1978-1985, 1987-1989, 1992-1997.
 18. *Бурксер Є.С.* Солоні озера та лимани України (гідрохімічний нарис) – Le lacs et les liman sales de l'Ukraine (un apresu hudrochinique) // Тр. фіз.-мат. відділу Всеукр. Акад. наук. – 1928. – Т. 8. – Вип. 1. – 341 с.
 19. *Шихалеева Г.Н., Редько Т.Д., Бабинец С.К., Каребин А.В., Гордеева Л.В.* Изучение динамики содержания биогенных компонентов в акватории Куяльницкого лимана// Метеор., кліматол. та гідрол. – 2004. – № 48 – С. 313-321.
 20. *Воскобойников В.М., Коников Е.Г.* Гидрогеохимия поверхностных вод лиманов. Гидрохимия поровых вод донных отложений Причерноморских лиманов // Геология шельфа СССР. – Киев: Наукова думка, 1984. – С. 81-95.
 21. *Основы курортологии.* – М.: Медгиз, 1956. – 751 с.
 22. *Адобовский В.В., Шихалеева Г.Н., Шурова Н.М.* Современное состояние и экологические проблемы Куяльницкого лимана // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2002. – вып. 1, №6. – С. 71-81.
 23. *Шихалеева Г.Н., Эннан А.А., Бабинец С.К., Чурсина О.Д.* Миграция и аккумуляция свинца в водной экосистеме Куяльницкого лимана // Вестник ОНУ. – 2009. – Т. 14. – Вып. 11. – С. 79-88.
 24. *Нікіпелова О.М.* Результати моніторингу колоїдно-хімічних властивостей мулових сульфідних систем Куяльницького лиману та озера Чокрак // Тр. Одеського политех. ун-та. – 2009 – Вип. 1 (13). – С. 169-173.
 25. *Оцінка можливих змін гідроекологічного режиму Куяльницького лиману під впливом глобальних кліматичних змін: звіт про НДР (заключний) / Одеський держ. екол. ун-т; керівник роботи Н.С. Лобода.* – Одеса, 2012. – ДР № 0112U007607 – 147 с.

26. Герасим'юк В.П., Шихалєєва Г.М., Еннан А.А. та ін. Водорості річки Великий Куяльник // Вісник Од. нац. ун-ту ім. І.І. Мечникова. Т. 13, вип. 14. Біологія. – Одеса, 2008. – С. 37-53.
27. Стан гідрографічної мережі річки Великий Куяльник в умовах водогосподарських перетворень на її водозбірному басейні: звіт про НДР (заключний) / Одеський держ. екол. ун-т; керівник роботи Є.Д. Гопченко. – Одеса, 2011. – ДР № 0110U008222 – 165 с.
28. Проведення гідроекологічної оцінки та розробка науково-обґрунтованих заходів щодо регулювання стоку та розчистки русел річок Довбока та Кубанка: звіт про НДР (заключний) / Одеський держ. екол. ун-т; керівник роботи Н.С. Лобода. – Одеса, 2012. – ДР № 0112U007607 – 205 с.
29. Оцінка можливого альтернативного наповнення Куяльницького лиману водами Чорного моря, річки Дністер й інших лиманів і водних об'єктів: звіт про НДР (заключний) / Одеський держ. екол. ун-т; керівник роботи Ю.С. Тучковенко. – Одеса, 2012. – ДР № 0112U007605 – 238 с.
30. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с.
31. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям // Гидрохимические материалы. – 1983. – Т. LXXXVIII. – С. 119-129.
32. Державні санітарні норми та правила. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: ДСанПіН 2.2.4-171-10. – [Чинний від 2010-05-12]. – К., 2010. – 36 с.
33. Джерела централізованого водопостачання. «Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання»: ДСТУ 4808:2007. – [Чинний від 2007-07-05]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 36 с.

До розділу 6

1. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь / А.И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 308 с.
2. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоёмов Украины: Монография. / В.М. Тимченко. – К.: Наук. думка, 2006. – 384 с.
3. Букша І.Ф. Україна та глобальний парниковий ефект. Книга 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату / І.Ф. Букша, П.Ф. Гожик, Ж.Л. Ємельянова, І.В. Трофімова, А.І. Шерешевський. – Київ, 1998. – 210 с.
4. Лобода Н.С., Коробчинская А.А., Рудник А.А. Изменения климата и его влияние на реки Украины // Український Гідрометеорологічний журнал.