

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

**ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ
З ДИСЦИПЛІНИ**

«АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ»

Спеціальність 101 «Екологія» (*усі спеціалізації*)

Одеса – 2019

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

**ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ
З ДИСЦИПЛІНИ**

«АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ»

Спеціальність 101 «Екологія» (*усі спеціалізації*)

«Узгоджено»
на факультеті магістерської
підготовки

Одеса – 2019

Збірник методичних вказівок до практичних робіт та індивідуального завдання з дисципліни «**Антропогенний вплив на водні екосистеми**» для підготовки студентів рівня вищої освіти магістр за спеціальністю 101 «Екологія» (*усі спеціалізації*) / к. геогр. н., доц. Гриб О.М. / Одеса: ОДЕКУ, 2019. 50 с.

ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
ВСТУП	4
1 ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1.	
Розрахунок та розробка рекомендації щодо заходів з регулювання водообміну водойм для поліпшення якості води та підвищення їх біопродуктивності	5
1.1 Оцінка водообміну заплавних озер (на прикладі водойм р. Дністер). 5	5
1.2 Оцінка водовідновлення заплавних озер (на прикладі водойм р. Дністер).....	13
1.3 Обґрунтування рекомендації щодо заходів з поліпшення водообміну та водовідновлення заплавних озер (на прикладі водойм р. Дністер)	18
2 ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2.	
Оцінка можливих змін гідроекологічного стану водних екосистем у майбутньому (за сценаріями змін клімату) при різних варіантах господарської діяльності та управління водно-сольовим режимом водойм	23
2.1 Визначення граничнодопустимого регулювання стоку річок штучними водоймами згідно Водного кодексу України (з урахуванням змін клімату).....	23
2.2 Розробка рекомендацій щодо кількості, місцеположення, морфометричних характеристик та конфігурації у плані існуючих штучних водойм у басейні річки в майбутньому (за сценаріями змін клімату).....	27
2.3 Оцінка можливого водно-сольового режиму водойм в майбутньому (з урахуванням змін клімату) та розробка рекомендацій щодо режиму їх функціонування для забезпечення благополучного гідроекологічного стану (на прикладі Куяльницького лиману)	29
3 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.	
Сучасні методи, прилади та контрольна-вимірвальна апаратура для оцінювання і прогнозування антропогенного впливу на якість вод та стан водних екосистем.....	44
Запитання для самоперевірки засвоєння змісту тем (базових знань) практичних робіт № 1 і 2 та індивідуального завдання	48
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	49

ВСТУП

Дисципліна «Антропогенний вплив на водні екосистеми» належить до обов'язкової частини циклу професійної та практичної підготовки рівня вищої освіти магістр за спеціальністю 101 «Екологія».

Метою даного збірника методичних вказівок до практичних робіт та індивідуального завдання з дисципліни «Антропогенний вплив на водні екосистеми» є допомога у оволодінні наступними практичними вміннями:

– здійснювати розрахунок та розробляти рекомендації щодо заходів з регулювання водообміну озер для поліпшення якості води та підвищення їх біопродуктивності (на прикладі заплавних водойм Дністра);

– оцінювати можливі зміни гідроекологічного стану водних екосистем (ВЕС) у майбутньому (за сценаріями змін клімату) при різних варіантах господарської діяльності та управління водно-сольовим режимом водойм (на прикладі ВЕС Куяльницького лиману);

– обирати сучасні методи, прилади та контрольно-вимірювальну апаратуру для їх застосовування при визначенні складу й властивостей вод природних та штучних водних об'єктів, для оцінювання та прогнозування антропогенного впливу на стан і якість води ВЕС.

Збірник методичних вказівок складається з вступу, трьох розділів, в яких пояснюється виконання першої і другої практичних робіт та індивідуального завдання, переліку запитань для самоперевірки засвоєння змісту тем (базових знань) практичних робіт № 1 і 2 та індивідуального завдання, списку рекомендованої літератури.

Кожна практична робота та індивідуальне завдання оформлюються на аркушах паперу формату А4 друкованим або рукописним текстом з таблицями і рисунками. Зверху першого аркушу кожної практичної роботи та індивідуального завдання зазначається їх назва. Повністю оформлені практичні роботи та індивідуальне завдання скріплюються в одну папку з одним титульним аркушем встановленого зразка (видається викладачем).

Оцінка студента за кожну практичну роботу та/або індивідуальне завдання складається з двох частин: 1) виконання й оформлення студентом практичної роботи та/або індивідуального завдання на протязі навчального семестру; 2) захист студентом практичної роботи та/або індивідуального завдання. Максимальна загальна сума балів за кожну практичну роботу та/або індивідуальне завдання становить 100 балів.

Кожна правильно виконана й оформлена практична робота та/або індивідуальне завдання студента оцінюється у 60% від загальної суми балів, а їх захист – у 40%.

Головні питання, які задаються під час захисту практичних робіт та індивідуального завдання наведені в розділі «Запитання для самоперевірки засвоєння змісту тем (базових знань) практичних робіт № 1 і 2 та індивідуального завдання».

1 ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1.

Розрахунок та розробка рекомендації щодо заходів з регулювання водообміну водойм для поліпшення якості води та підвищення їх біопродуктивності

Кисневий режим, фізико-хімічні показники якості води та відповідно біологічна продуктивність водойм (озер і водосховищ) багато в чому залежать від величини водообміну з річкою, в систему якої вони входять. Процес заміни води в озерах відбувається по протоках (єриках, ариках, каналах), які їх з'єднують з річковими руслами.

Для оцінки заміни озерних вод річковими використовують коефіцієнти водообміну (K_{BO}) та водовідновлення (K_{BB}) [1-3].

1.1 Оцінка водообміну заплачних озер (на прикладі водойм р. Дністер)

Водообмін заплачних водойм – це заміна озерних вод річковими, яка обумовлена коливаннями рівнів води в річці. Водообмін найчастіше відбувається через протоки, що з'єднують русло річки з озерами (рис. 1.1).

При піднятті рівня води в річці (H_p) в протоці виникає уклон водної поверхні в сторону озера. У зв'язку з тим, що рівень води в озері (H_o) на початку водообміну нижче за рівень води в руслі річки (H_p), річкова вода починає рухатися у заплавні водойми, наповнюючи їх, а при зниженні рівня води в річці – виходить із них, при цьому в озері залишається частина води, перемішана з річковою, тобто відбувся водообмін та водовідновлення (рис. 1.2). Оскільки надходження і вихід води в заплачних озерах відбувається по протоках, що звичайно з'єднують тільки якусь частину водойми, то не вся вода в озері одночасно замінюється річковою водою. Тому для оцінки кількості заміненої озерної води річковою використовують коефіцієнт водообміну (K_{BO}).

В різних річкових системах процес водообміну в заплачних водоймах відбувається по-різному. Це пов'язано з багатьма факторами, які впливають на цей процес, наприклад, кількістю проток, величиною та частотою перепадів рівнів води в річці, з антропогенним впливом (наприклад, режим роботи гідровузлів ГЕС).

Для багатьох заплачних водойм гирлових ділянок річок Дністер, Дніпро, Дунай й інших на сьогодні водообмін з річковим руслом відбувається лише через одну протоку (для деяких озер – через дві протоки). Наприклад, у міжріччі Дністер-Турунчук у багатьох заплачних водоймах вода надходить в озера з русла Турунчука (лівого рукава Дністра), а далі виходить через другу протоку (при її наявності) в русло Дністра або при зниженні рівня води виходить в Турунчук.

Розрахунок водообміну в даному випадку може бути проведений по відомих формулах річкової гідравліки, при умові, що будуть відомі величини коливання рівня води в річці і заплачних водоймах [1-4].

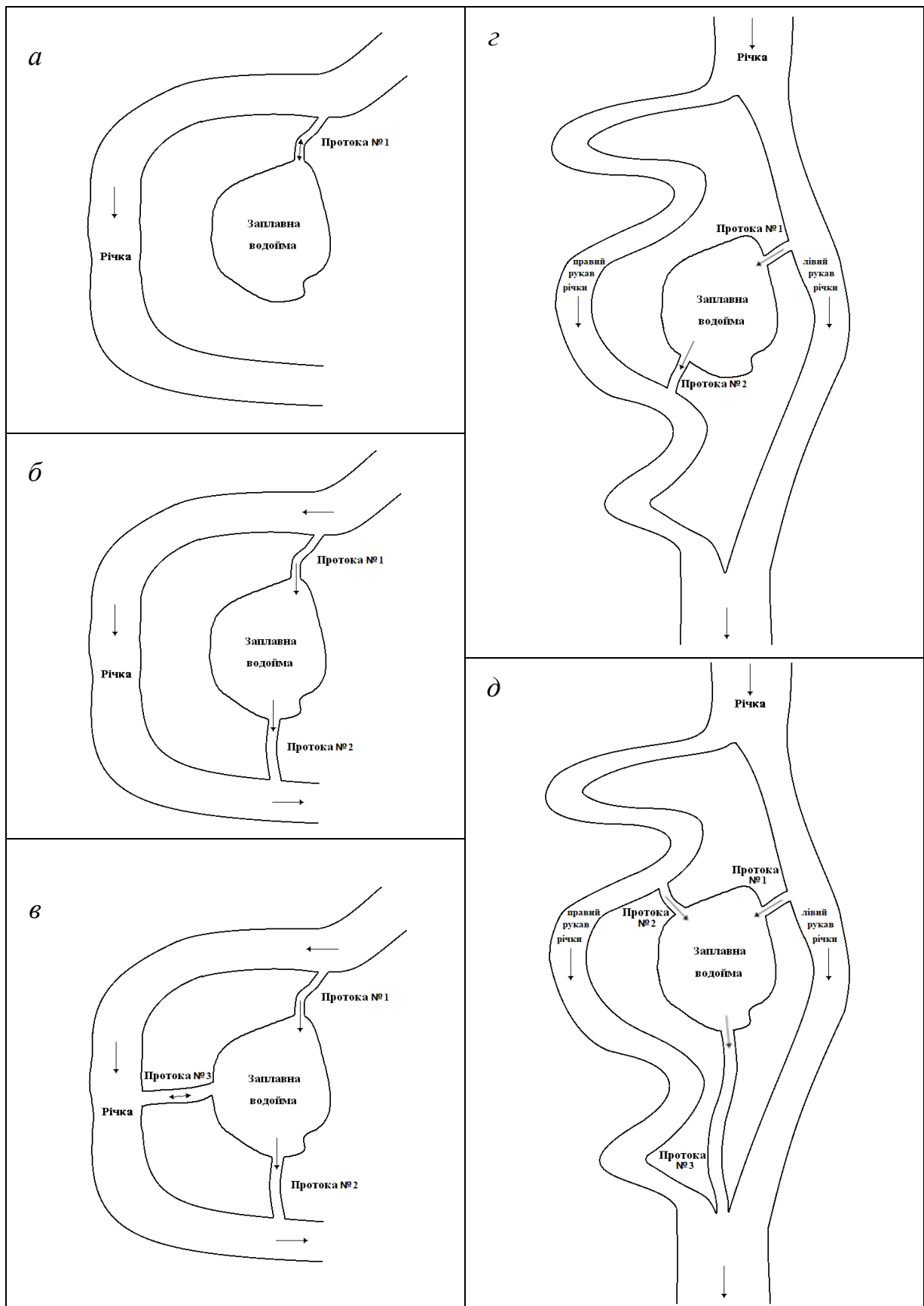


Рис. 1.1 – Приклади схем водообміну між річкою і заплавною водоймою

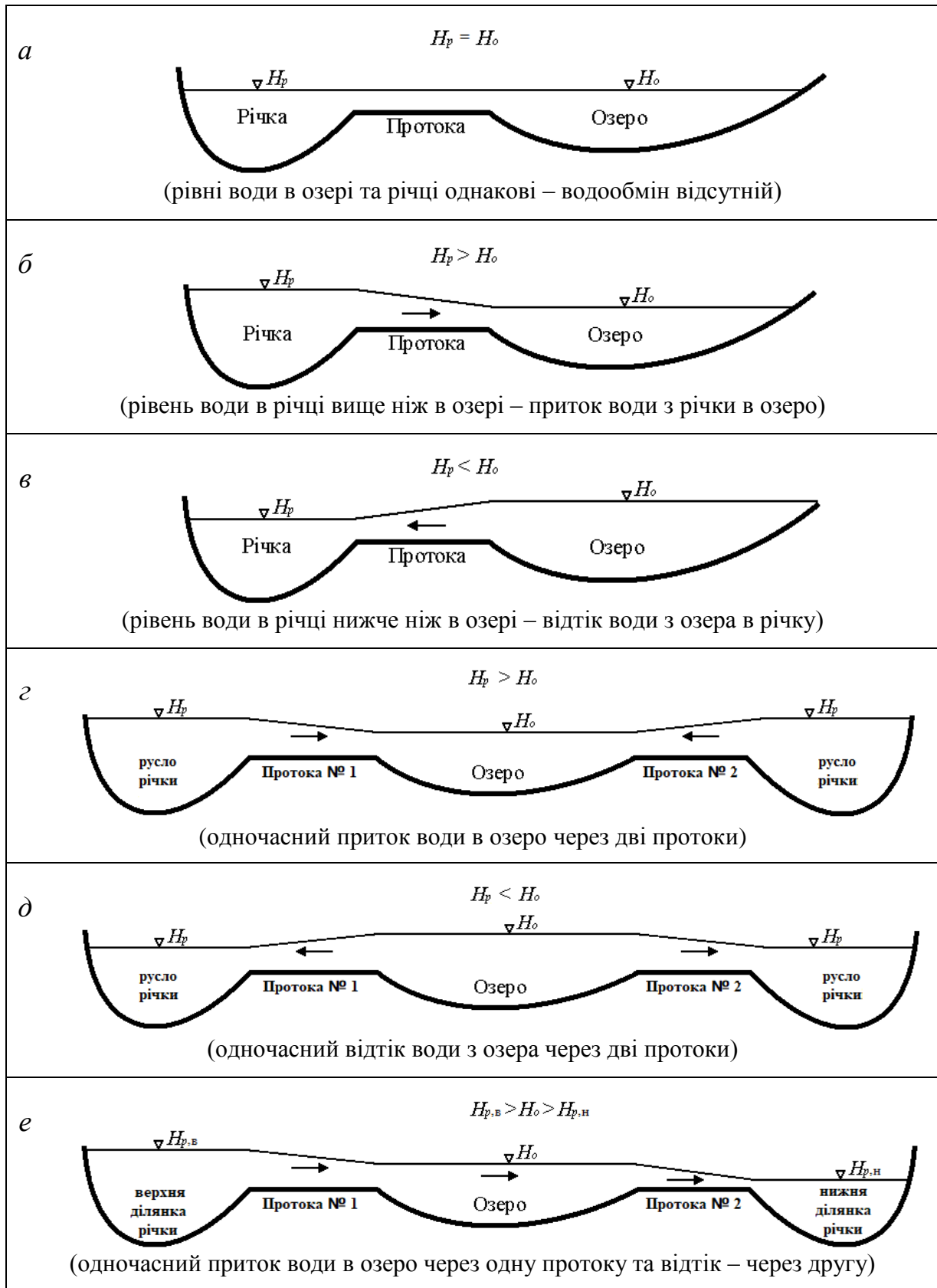


Рис. 1.2 – Схеми притоку-відтоку води у системі річка-озеро за наявності однієї протоки між озером і річкою (а, б, в) та при двох протоках (г, д, е)

Коефіцієнт водообміну озера за добу K_{BO} (%/д) дорівнює:

$$K_{BO} = \frac{W_{nput}}{W_o} \cdot 100 \% , \quad (1.1)$$

де W_o – об'єм води в озері до початку надходження води з річки, м³;
 W_{nput} – об'єм притоку (припливу) води в озеро з річки, м³.

При відсутності даних вимірювань об'ємів притоку W_{nput} (м³) його величину визначають з використанням площі водного дзеркала озера F_o (км²) та прирощення рівня води в озері ΔH_o (см/д) за добу T_{nput} (д):

$$W_{nput} = F_o \cdot \Delta H_o \cdot T_{nput} \cdot 10^4 . \quad (1.2)$$

Прирощення рівня води в озері ΔH_o визначається з використанням прирощення рівня води в річці $\Delta H_{p,i}$ (в місці початку протоки, що з'єднує річку з озером) за допомогою так званого коефіцієнта доступності k_{oz} :

$$\Delta H_o = k_{oz} \cdot \Delta H_{p,i} . \quad (1.3)$$

Коефіцієнт k_{oz} за даними проф. В. М. Тімченко [1-2] становить:

$$k_{oz} = \Delta H_o / \Delta H_p = 0,055 \cdot M_{np}^{-0,205} , \quad (1.4)$$

де M_{np} – гідравлічний опір протоки, який дорівнює

$$M_{np} = \frac{L_{np} \cdot n_{np}^2}{B_{np}^2 \cdot h_{np}^{3,33}} , \quad (1.5)$$

де L_{np} , B_{np} , h_{np} – відповідно довжина, середні ширина і глибина протоки, м;

n_{np} – коефіцієнт шорсткості протоки (приймається рівним 0,050).

У зв'язку з тим, що в гирловій ділянці Дністра недостатня кількість гідрологічних постів, де вимірюється мінливість рівня води (рис. 1.3, 1.4), знайдено емпіричний зв'язок (рис. 1.5) прирощення рівня води на шуканій i -й ділянці річки ($\Delta H_{p,i}$, см/д) з відстанню від гирла Дністра ($L_{p,i}$, км):

$$\Delta H_{p,i} = 10,5 - 0,105 \cdot L_{p,i} , \quad (1.6)$$

де $L_{p,i}$ – відстань до протоки від гирла річки Дністер (км);

$\Delta H_{p,i}$ – прирощення рівня води на i -й ділянці річки за добу (см/д).

З використанням значення прирощення рівня води на шуканій i -й ділянці річки ($\Delta H_{p,i}$, см/д) та коефіцієнта доступності (k_{oz}) визначаємо прирощення рівня води в озері (ΔH_o , см/д):

$$\Delta H_o = k_{oz} \cdot \Delta H_{p,i} . \quad (1.7)$$

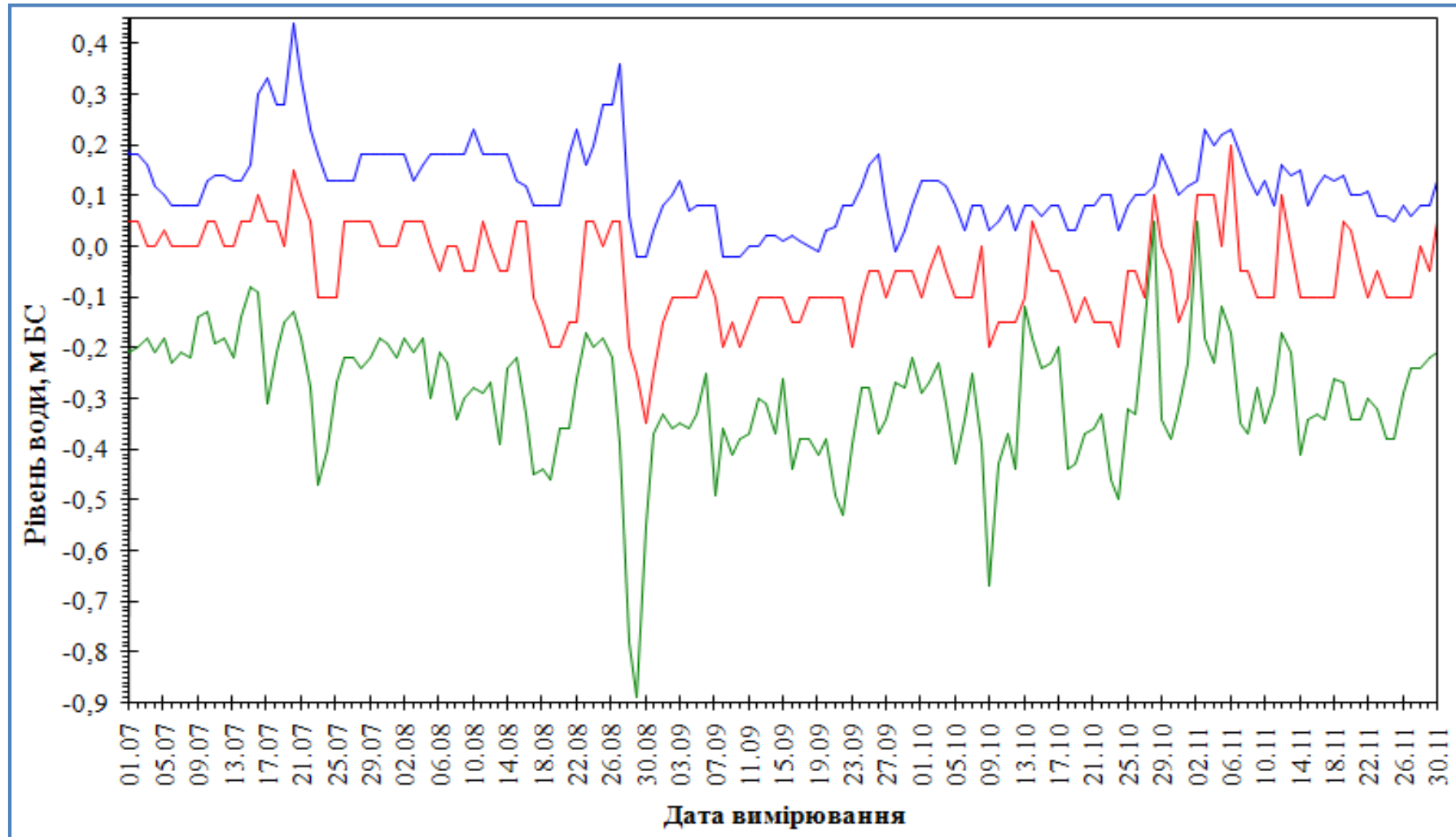


Рис. 1.3 – Мінливість середньодобових рівнів води в гирловій частині річки Дністер: зверху – р. Турунчук в с. Троїцьке; у середині – р. Дністер перед впадінням р. Турунчук; знизу – р. Дністер в с. Маяки (дані ОДЕКУ, 2012 р.)

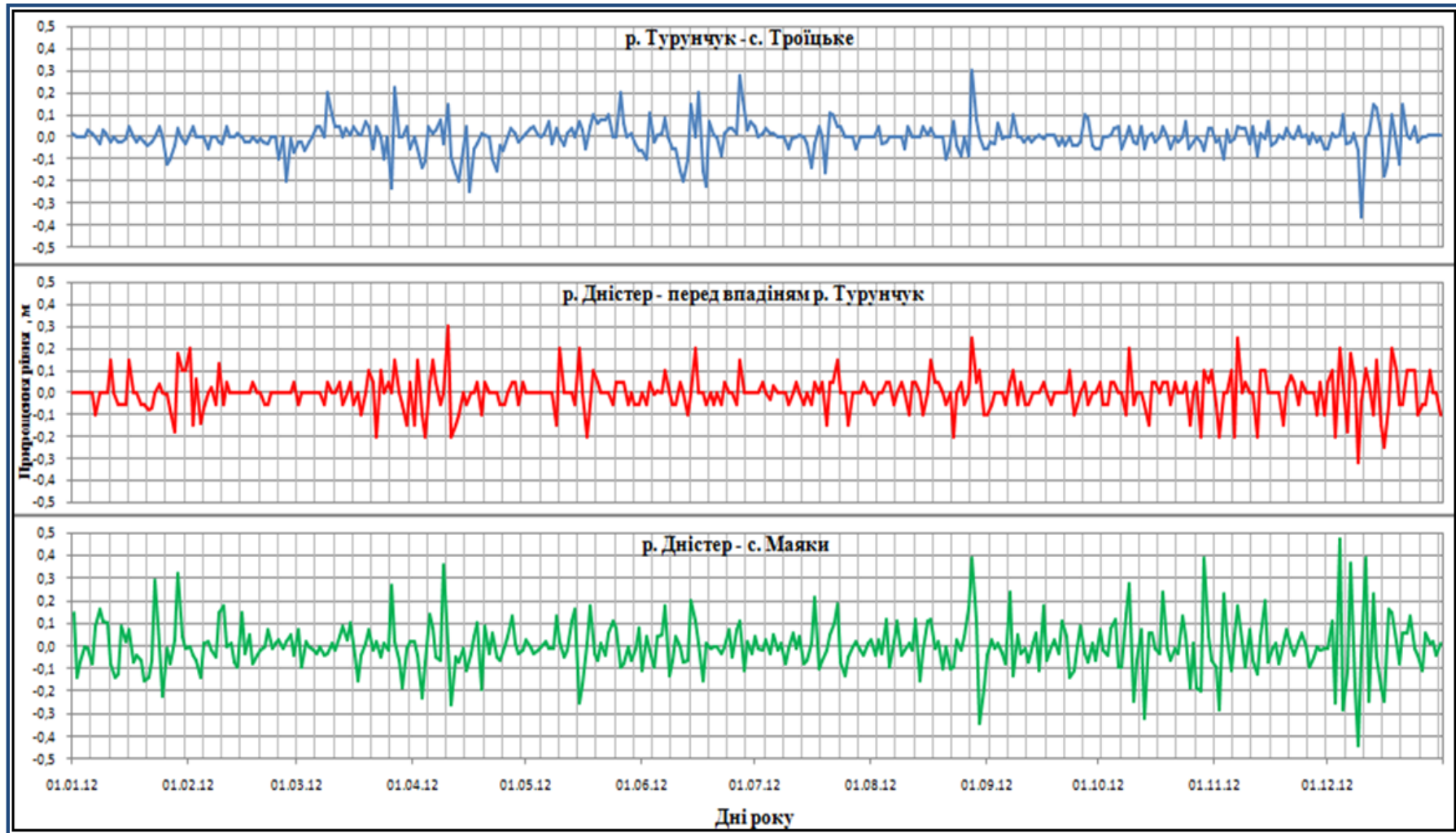


Рис. 1.4 – Добові прирощення рівнів води в гирловій частині річки Дністер:
зверху – р. Турунчук в с. Троїцьке; у середині – р. Дністер перед впадінням р. Турунчук;
знизу – р. Дністер в с. Маяки (дані ОДЕКУ, 2012 р.)

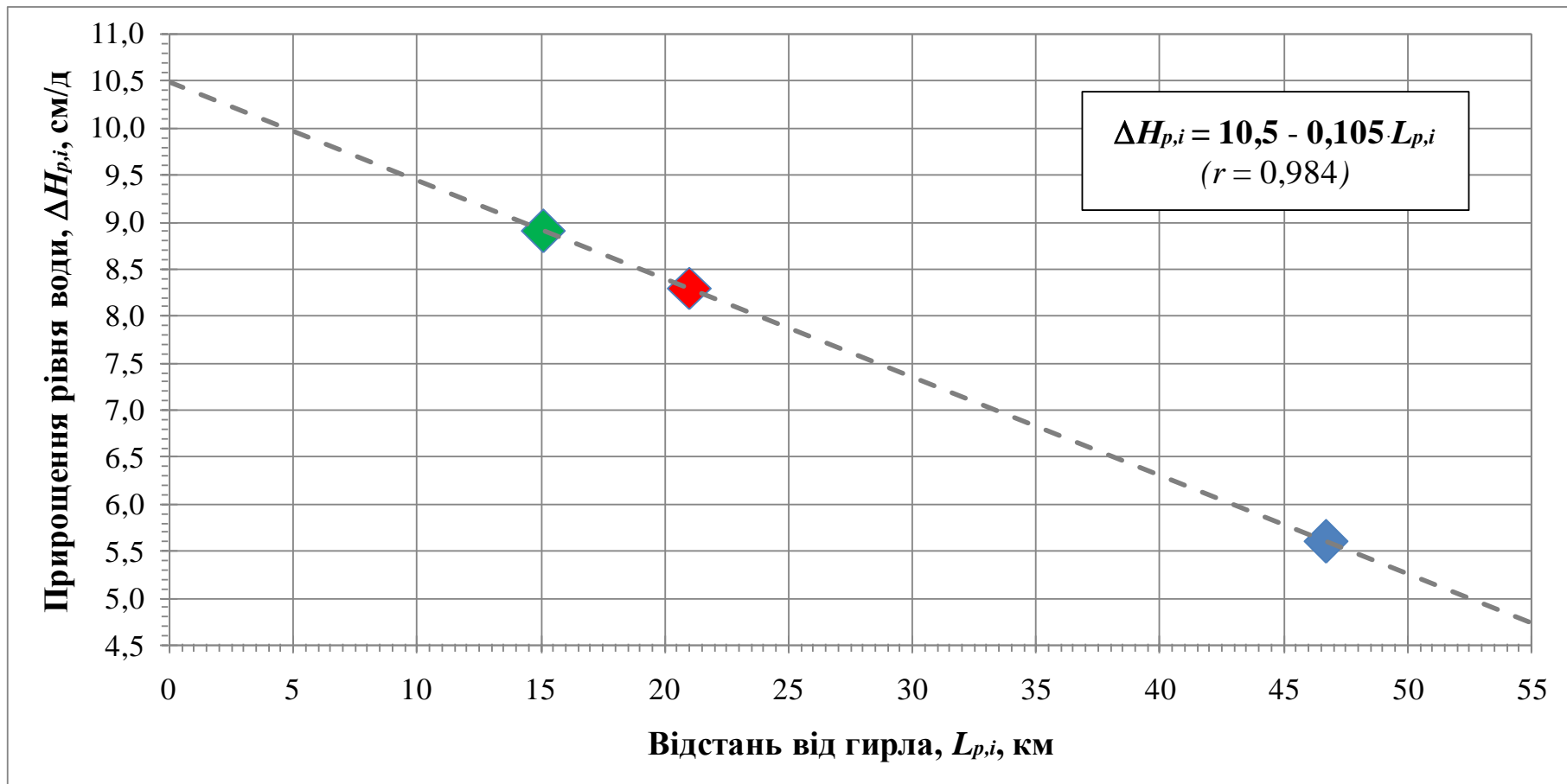


Рис. 1.5 – Зв'язок добового прирощення рівня води на i -их ділянках ($\Delta H_{p,i}$, см/д) з відстанню від гирла Дністра ($L_{p,i}$, км): **точка синього кольору** (знизу) – р. Турунчук в с. Троїцьке; **точка червоного кольору** (середня) – р. Дністер перед впадінням р. Турунчук; **точка зеленого кольору** (зверху) – р. Дністер в с. Маяки (дані ОДЕКУ, 2018 р.)

Площі водної поверхні заплавлених озер річки Дністер (F_o , км²) й інші морфометричні характеристики озер і відповідних проток (рис. 1.6) та відстані від гирла річки до проток, для визначення водообміну наведені в табл. 1.1. Період водообміну в озері (τ_{BO} , д) визначають за формулою:

$$\tau_{BO} = 100/K_{BO} \cdot \quad (1.8)$$

1.2 Оцінка водовідновлення заплавлених озер (на прикладі водойм р. Дністер)

Розрахунок водовідновлення водойм пов'язаний з тим, що не завжди інтенсивний водообмін сприяє покращанню екологічного стану озера та поліпшенню якості води в ньому. Це відбувається тоді, коли річкові води, за рахунок яких йде водообмін, мають великі концентрації забруднюючих хімічних речовин, що може викликати погіршення якості води заплавлених озер, зниженню їх біологічної продуктивності та занепаду даної водної екосистеми. Для якісної оцінки інтенсивності водообміну використовують коефіцієнт водовідновлення (K_{BB}), алгоритм розрахунку якого наведено нижче. У більшості заплавлених водойм надходження і відтік води при водообміні з річковою системою відбувається по тих самих протоках. У таких випадках при відтоку з водойми бере участь велика кількість річкової води, що надійшла в озеро в період притоку води.

Уявімо (рис. 1.7 а), що перед початком надходження річкової води у водойму ($H_p = H_o$) об'єм води в озері складає W_o , а концентрація якоїсь консервативної речовини в озерній воді дорівнює S_o , в річкових водах – S_p , а у воді протоки – S_{np} , при цьому, $S_{np} \approx S_p$.

За період, коли в річковій системі йде підйом рівня води, тобто $H_p > H_o$ (рис. 1.7 б), в озеро надходить об'єм річкової води W_{nput} , з концентрацією консервативної речовини S_{nput} ($S_{nput} \approx S_{np} \approx S_p$).

У процесі наповнення водойми межа між «старою» і «ною» водою через перемішування «розмивається», отже формується область змішаної води, об'єм якої складає $W_{зміш}$, а концентрація консервативної речовини дорівнює $S_{зміш}$, значення якої визначається за рівнянням (1.9)

$$S_{зміш} = 0,5 \cdot (S_o + S_{nput}). \quad (1.9)$$

Після спаду рівня води в річці до значення H_p , тобто до того яке спостерігалось перед підйомом рівня, та відтоку води з водойми до рівня H_o , половина змішаної води покидає водойму, залишивши в озері об'єм, що складає $0,5 \cdot W_{зміш}$, а інший простір займає «стара» вода (рис. 1.7 в). Якщо в кінці циклу притоку-відтоку води, в озері залишається початкова кількість води W_o , то загальна кількість консервативної речовини у водоймі в цей момент часу ($S'_o \cdot W_o$) визначається за рівнянням (1.10):

$$S'_o \cdot W_o = S_o \cdot (W_o - 0,5 \cdot W_{зміш}) + S_{зміш} \cdot 0,5 \cdot W_{зміш} \cdot \quad (1.10)$$



Рис. 1.6 – Картосхема нижньої ділянки р. Дністер з позначенням деяких з заплавних озер: червоним кольором позначені не діючі на сьогодні протоки (дані ОДЕКУ, 2018 р.)

Таблиця 1.1 – Місцезположення та гідравліко-морфологічні характеристики деяких з заплавних озер гирлової частини річки Дністер на території Одеської області України (дані ОДЕКУ, 2018 р.)

Варіант	Назва озера	Місцезположення озера (північна широта N, східна довгота E)	Площа (м ²)	Ширина озера (м) на ділянці протоки	Відстань (км) від гирла р. Дністер до входу в протоку	Позначення проток між озерами та руслами річок	Сучасна довжина протоки (м)	Сучасна ширина протоки (м)	Сучасна глибина протоки (м)
			та об'єм (тис. м ³) озера						
1*	Тудорове	між р. Турунчук та р. Дністер, 3,1 км на південь від с. Яськи (46°27'50.1"N 30°04'07.4"E)	$\frac{3000000}{3000,0}$	1500	34,865**	<i>T1 – до р. Турунчук</i>	920	–	–
					35,175	<i>T2 – до р. Турунчук</i>	1450	–	–
					36,885***	T3 – до р. Турунчук	1360	6,0	1,0
					39,600	<i>D1 – до р. Дністер</i>	2465	–	–
					48,300	<i>D2 – до р. Дністер</i>	1160	–	–
2	Горіле	на правому березі р. Турунчук, 3,1 км на південь від с. Яськи (46°28'08.5"N 30°05'44.6"E)	$\frac{124400}{124,4}$	345	31,100	T1 – до р. Турунчук	1019	4,0	0,5
					33,360	<i>T2 – до р. Турунчук</i>	201	–	–
					34,140	<i>T3 – до р. Турунчук</i>	216	–	–
					34,280	<i>T4 – до р. Турунчук</i>	250	–	–
3	Драган	на правому березі р. Турунчук, 1,5 км на південь від с. Троїцьке (46°30'16.8"N 30°01'04.9"E)	$\frac{51800}{51,8}$	275	42,020	<i>T1 – до р. Турунчук</i>	1031	–	–
					42,900	T2 – до р. Турунчук	1021	2,0	0,5
					63,255	<i>D1 – до р. Дністер (через оз. Каїро)</i>	3480	–	–
4	Каїро	між р. Турунчук та р. Дністер, 3,2 км на захід від с. Яськи (46°29'47.3"N 30°01'20.5"E)	$\frac{38800}{38,8}$	75	40,045	<i>T1 – до р. Турунчук</i>	2355	–	–
					42,900	T2 – до р. Турунчук	1902	1,5	0,5
					63,255	<i>D1 – до р. Дністер</i>	2350	–	–
5	Погоріле	на лівому березі р. Турунчук, на південь від м. Біляївка (46°27'51.9"N 30°12'26.5"E)	$\frac{117200}{117,2}$	200	22,710	<i>T1 – до р. Турунчук</i>	350	–	–
					23,835	<i>T2 – до р. Турунчук</i>	920	–	–
					24,090	T3 – до р. Турунчук	2114	3,5	0,5

Примітки: * **варіант** дорівнює останній цифрі номера залікової книжки (10-й варіант відповідає цифрі 0);

** *курсивом* виділені не діючі на сьогодні протоки (у заростях вищих водних рослин, пересохлі тощо);

*** **напівжирним** шрифтом виділені діючі на сьогодні головні протоки між річками та озерами.

Продовження табл. 1.1

Варіант	Назва озера	Місцеположення озера (північна широта N, східна довгота E)	Площа (м ²)	Ширина озера (м) на ділянці протоки	Відстань (км) від гирла р. Дністер до входу в протоку	Позначення проток між озерами та руслами річок	Сучасна довжина протоки (м)	Сучасна ширина протоки (м)	Сучасна глибина протоки (м)
			та об'єм (тис. м ³) озера						
6*	Кругле	на лівому березі р. Дністер, на схід від кордону з Молдовою (46°28'50.2"N 30°01'57.0"E)	270000	710	38,410***	Т1 – до р. Турунчук	2345	2,0	0,5
			270,0						
7	Саф'яни	на лівому березі р. Турунчук, на південний захід від м. Біляївка (46°28'30.1"N 30°11'06.2"E)	286300	450	24,090	Т1 – до р. Турунчук	675	2,5	0,5
			286,3		25,830	Т2 – до р. Турунчук	845	–	–
					27,080	Т3 – до р. Турунчук	1550	–	–
8	Писарське	на лівому березі р. Турунчук, на 0,7 км на південь від с. Яськи (46°29'02.5"N 30°05'39.9"E)	382400	750	33,545	Т1 – до р. Турунчук	2051	–	–
			382,4		34,580	Т2 – до р. Турунчук	575	–	–
					35,580	Т3 – до р. Турунчук	380	–	–
					35,660	Т4 – до р. Турунчук	1445	2,5	0,5
9	Попове	на лівому березі р. Турунчук, 1,25 км на захід від м. Біляївка (46°29'32.6"N 30°09'27.6"E)	85500	275	28,170	Т1 – до р. Турунчук	885	1,5	0,5
			85,5		28,540	Т2 – до р. Турунчук	810	–	–
					29,175	Т3 – до р. Турунчук	1645	–	–
10	Біле	між р. Дністер та р. Турунчук, 3,2 км на південний захід від м. Біляївка (1,5 км на захід від гирла р. Турунчук) (46°27'07.7"N 30°10'49.7"E)	1000000	1000	22,355	Ш1 – до пр. Швидка	105	–	–
			1000,0		22,455	Ш2 – до пр. Швидка	75	6,5	1,0
					24,120	Ш3 – до пр. Швидка	1316	–	–
					24,500	Ш4 – до пр. Швидка	1110	–	–
					24,870	Т1 – до р. Турунчук	1407	–	–
					24,900	Т2 – до р. Турунчук	1205	–	–
	22,100	Д1 – до р. Дністер	307	–	–				

Примітки: * **варіант** дорівнює останній цифрі номера залікової книжки (10-й варіант відповідає цифрі 0);
 ** *курсивом* виділені не діючі на сьогодні протоки (у заростях вищих водних рослин, пересохлі тощо);
 *** **напівжирним** шрифтом виділені діючі на сьогодні головні протоки між річками та озерами.

Об'єм змішаної води обчислюється за рівнянням (1.12)

$$W_{зміш} = L_{зміш} \cdot B_o \cdot (h_{сер} + 0,5 \cdot \Delta H_o), \quad (1.12)$$

де B_o – середня ширина заплавної водойми (м);

$h_{сер}$ – середня глибина водойми на початку циклу притоку-відтоку (м);

ΔH_o – величина підйому рівня води у водоймі при наповненні (м);

$L_{зміш}$ – довжина зони змішування води в озері (м).

Довжина зони змішування води визначається за рівнянням (1.13)

$$L_{зміш} = \sqrt{NK_L T}, \quad (1.13)$$

де N – стала (для заплавних водойм приймається, що $N = 2$);

T – тривалість циклу притоку-відтоку води (для заплавних водойм в нижній течії Дністра дорівнює, $T = T_{прит} + T_{відт} = 24 \text{ год} + 24 \text{ год} = 48 \text{ год}$);

K_L – коефіцієнт горизонтального турбулентного перемішування ($\text{м}^2/\text{год}$).

Для озер з площею водного дзеркала до 6 км^2 за даними роботи [1] встановлено зв'язок величин коефіцієнта горизонтального турбулентного перемішування K_L , $\text{м}^2/\text{год}$, з площею водного дзеркала F_o , км^2 (рис. 1.8):

$$K_L = 28 \cdot F_o \quad (1.14).$$

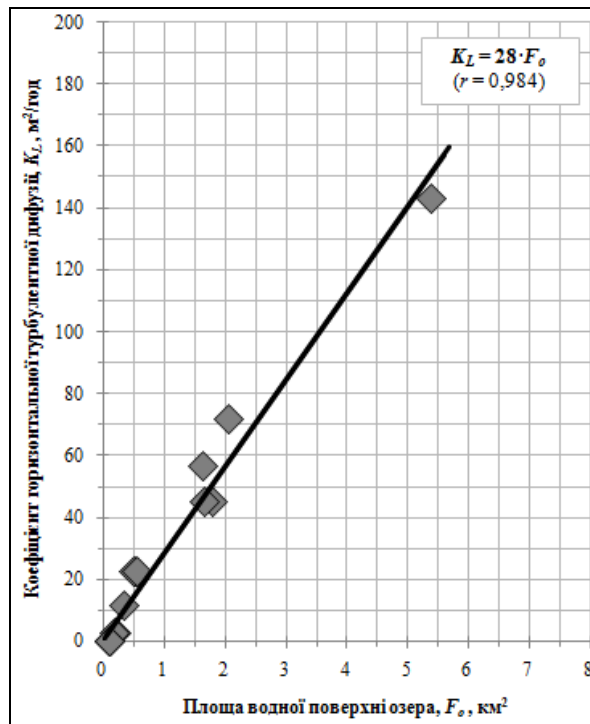


Рис. 1.8 – Зв'язок величин коефіцієнта горизонтального турбулентного перемішування заплавних озер K_L з площами водного дзеркала озер F_o

Після визначення K_{BB} , можна розрахувати концентрацію будь-якої консервативної хімічної речовини (S'_o), яка буде спостерігатися у водоймі після закінчення циклу притоку-відтоку води, трансформувавши рівняння (1.10) у рівняння (1.15):

$$S'_o = 0,01 \cdot K_{BB} \cdot (S_{прит} - S_o) + S_o. \quad (1.15)$$

Період водовідновлення води в озері (τ_{BB} , д) визначають за формулою:

$$\tau_{BB} = 100 / K_{BB}. \quad (1.16)$$

1.3 Обґрунтування рекомендації щодо заходів з поліпшення водообміну та водовідновлення заплавних озер (на прикладі водойм р. Дністер)

Нижче представлено наукове обґрунтування рекомендацій щодо підсилення зовнішнього водообміну та, відповідно, водовідновлення заплавних озер у нижній течії Дністра шляхом поліпшення зв'язку з русловою мережею річок Дністер та Турунчук.

За результатами багатьох гідроекологічних досліджень заплавних водойм річок встановлено, що найбільш несприятливі екологічні умови складаються в озерах, де період водообміну τ_{BO} більше 15 діб [1-2 та ін.].

В таких озерах відмічається погана якість води, деградація фітоценозів, акумуляція рослинних і тваринних залишків (заболочування), слабкий розвиток фітопланктону, збіднілий зоопланктон, дуже бідний зообентос, анаеробні умови або низьке насичення води киснем, високий вміст органічних речовин тощо.

Ефективним способом оздоровлення екологічних умов в таких озерах є підсилення зовнішнього водообміну шляхом поліпшення зв'язку з річковою мережею: відновлення старих (вже недіючих) проток (єриків, ариків, каналів), розширення і поглиблення існуючих, а також створення нових [1-3].

Такі заходи є складовою комплексу гідроекологічного оздоровлення заплавних озер і плавнів (насамперед, при зменшенні водності в умовах збільшення посушливості клімату і посилення антропогенного впливу у вигляді регулювання стоку річок водосховищами) з метою розвитку кормової бази риби, розширення нерестових площ і збільшення живих водних біоресурсів ресурсів.

Отже, необхідно визначити параметри проток, які треба відновити (створити), щоб забезпечити сприятливий водообмін озер для поліпшення якості води та підвищення їх біопродуктивності.

Період такого водообміну в озері (τ_{BO} , д) для благополучних водойм має бути не більше 14 діб та не менше 3 діб [1].

При $\tau_{BO} = 14$ д, добове значення коефіцієнту водообміну (K_{BO}) дорівнює:

$$K_{BO} = 100/\tau_{BO} = 7,14 \text{ \%}/\text{д}. \quad (1.17)$$

Для забезпечення такого водообміну, наприклад, в озері з об'ємом води $W_o = 500000 \text{ м}^3$, добовий об'єм припливу води з річки $W_{прит}$ має дорівнювати:

$$W_{прит} = 0,01 \cdot K_{BO} \cdot W_o = 0,01 \cdot 7,14 \cdot 500000 = 35700 \text{ м}^3/\text{д}. \quad (1.18)$$

Прирощення рівня води в озері (ΔH_o), при відомому значенні площі водної поверхні F_o (наприклад, $F_o = 850000 \text{ м}^2$), складає:

$$\Delta H_o = 100 \cdot W_{прит} / F_o = 100 \cdot 35700 \text{ м}^3 / 850000 \text{ м}^2 = 4,2 \text{ см}/\text{д}. \quad (1.19)$$

З використанням даних про відстані від гирла р. Дністер до проток $L_{p,i}$ (див. табл. 1.1), наприклад, $L_{p,i} = 20$ км, за допомогою рівняння (1.6) або рис. 1.5 визначаємо прирощення рівня води в річці на ділянці протоки $\Delta H_{p,i}$ (см/д):

$$\Delta H_{p,i} = 10,5 - 0,105 \cdot L_{p,i} = 10,5 - 0,105 \cdot 20,0 = 8,4 \text{ см}/\text{д}.$$

Далі за формулою (1.4) визначаємо значення коефіцієнта доступності $k_{оз}$:

$$k_{оз} = \Delta H_o / \Delta H_p = 4,2 / 8,4 = 0,50.$$

Величина загального гідравлічного опору всіх проток $M_{заг}$, через які має відбуватися приплив води в озеро (див. рис. 1.6), визначається за формулою:

$$M_{заг} = 0,741 \cdot 10^{-6} \cdot k_{оз}^{-4,88} = 0,741 \cdot 10^{-6} \cdot 0,50^{-4,88} = 0,0000218. \quad (1.20)$$

Величини гідравлічних опорів кожної з проток $M_{заг-j}$, через які має відбуватися приплив води в озеро, визначають за формулою (1.5) з урахуванням прийнятих довжини L_{np-j} , середніх значень ширини B_{np-j} і глибини h_{np-j} проток та нового коефіцієнту шорсткості русла протоки n_{np-j} , який приймається рівним 0,025 (згідно [4]).

Необхідно зазначити, що величини довжини та середньої ширини проток можуть бути визначені за даними топографо-геодезичних вимірювань з використанням топографічних карт і супутникових знімків і результатів натурних обстежень місцевості. При закладанні ширини і глибини нових проток слід враховувати можливості екскаваторної та днопоглиблювальної техніки. Крім того, глибини проток не повинні перевищувати найбільші глибини в сучасному руслі річки (на ділянці протоки) та в озері (в період, що відповідає референційним умовам [5]).

Контроль розрахунків $M_{заг}$ виконується за наступним рівнянням:

$$M_{заг} = \left(M_{np-1}^{-0,5} + M_{np-2}^{-0,5} + \dots + M_{np-j}^{-0,5} \right)^{-2} = \left(\left(\frac{L_{np-1} \cdot n_{np-1}^2}{B_{np-1}^2 \cdot h_{np-1}^{3,33}} \right)^{-0,5} + \left(\frac{L_{np-2} \cdot n_{np-2}^2}{B_{np-2}^2 \cdot h_{np-2}^{3,33}} \right)^{-0,5} + \dots + \left(\frac{L_{np-j} \cdot n_{np-j}^2}{B_{np-j}^2 \cdot h_{np-j}^{3,33}} \right)^{-0,5} \right)^{-2} \quad (1.22)$$

Якщо середні ширина B_{np} і глибина h_{np} та коефіцієнт шорсткості n_{np} для всіх проток мають однакові величини, то рівняння (1.22) має вигляд:

$$M_{заг} = \frac{n_{np}^2}{B_{np}^2 \cdot h_{np}^{3,33}} \cdot \left(L_{np-1}^{-0,5} + L_{np-2}^{-0,5} + \dots + L_{np-j}^{-0,5} \right)^{-2}. \quad (1.23)$$

Наприклад, якщо $B_{np} = 15$ м, $h_{np} = 3,0$ м та $n_{np} = 0,025$, то розрахункове рівняння (1.23) матиме наступний вигляд:

$$M_{заг} = \frac{0,025^2}{15^2 \cdot 3,0^{3,33}} \cdot \left(L_{np-1}^{-0,5} + L_{np-2}^{-0,5} + \dots + L_{np-i}^{-0,5} \right)^{-2} = 7,16 \cdot 10^{-8} \cdot \left(L_{np-1}^{-0,5} + L_{np-2}^{-0,5} + \dots + L_{np-i}^{-0,5} \right)^{-2}.$$

Якщо середня глибина h_{np} та коефіцієнт шорсткості n_{np} є однаковими для всіх проток, а довжина L_{np-j} та середня ширина B_{np-j} , для кожної протоки різні, то рівняння (1.22) прийме вигляд:

$$M_{заг} = \frac{n_{np}^2}{h_{np}^{3,33}} \cdot \left(\left(\frac{L_{np-1}}{B_{np-1}^2} \right)^{-0,5} + \left(\frac{L_{np-2}}{B_{np-2}^2} \right)^{-0,5} + \dots + \left(\frac{L_{np-j}}{B_{np-j}^2} \right)^{-0,5} \right)^{-2}. \quad (1.24)$$

Після трансформації рівняння (1.24) середню глибину h_{np} проток можна визначити за наступним рівнянням:

$$h_{np} = 3,33 \sqrt[3]{\frac{n_{np}^2}{M_{заг}} \cdot \left(\left(\frac{L_{np-1}}{B_{np-1}^2} \right)^{-0,5} + \left(\frac{L_{np-2}}{B_{np-2}^2} \right)^{-0,5} + \dots + \left(\frac{L_{np-j}}{B_{np-j}^2} \right)^{-0,5} \right)^{-2}}. \quad (1.25)$$

Якщо ж середня ширина B_{np} для всіх проток однакова, то рівняння (1.25) матиме наступний вигляд:

$$h_{np} = 3,33 \sqrt[3]{\frac{n_{np}^2}{B_{np}^2 M_{заг}} \cdot \left(L_{np-1}^{-0,5} + L_{np-2}^{-0,5} + \dots + L_{np-j}^{-0,5} \right)^{-2}}. \quad (1.26)$$

Наприклад, якщо водообмін озера з річкою має відбуватися через три протоки довжиною $L_{np-1} = 750$ м, $L_{np-2} = 500$ м, $L_{np-3} = 250$ м з однаковими середньою шириною $B_{np} = 15$ м та коефіцієнтом шорсткості $n_{np} = 0,025$, а загальний гідравлічний опір всіх проток становить $M_{заг} = 0,0000218$, то середня глибина h_{np} проток дорівнюватиме:

$$h_{np} = 3,33 \sqrt[3]{\frac{0,025^2}{15^2 \cdot 0,0000218} \cdot \left(750^{-0,5} + 500^{-0,5} + 250^{-0,5} \right)^{-2}} = 1,72 \text{ м.}$$

Якщо відомі значення середньої глибини h_{np} та коефіцієнта шорсткості n_{np} (однакових для всіх проток) і довжини кожної протоки L_{np-j} , то для визначення середньої ширини проток B_{np} , рівняння (1.23) трансформується у наступне:

$$B_{np} = \sqrt[3]{\frac{n_{np}^2}{M_{заг} \cdot h_{np}^{3,33}} \cdot \left(L_{np-1}^{-0,5} + L_{np-2}^{-0,5} + \dots + L_{np-j}^{-0,5} \right)^{-2}}. \quad (1.27)$$

Етапи розрахунків завдань практичної роботи № 1

(вихідні дані згідно з варіантами для всіх завдань практичної роботи № 1 представлені у табл. 1.1)

Етапи розрахунку завдання 1.1 практичної роботи № 1:

- 1) за рівнянням (1.6) або рис. 1.5 визначаємо $\Delta H_{p,i}$, см/д (де $L_{p,i}$, км – з табл. 1.1);
- 2) за рівнянням (1.5) лише для однієї діючої протоки обчислюємо M_{np} (де $n_{np} = 0,050$; L_{np} , B_{np} , h_{np} – з табл. 1.1);
- 3) з використанням правої частини рівняння (1.4) розраховуємо $k_{оз}$;
- 4) за формулою (1.3) визначаємо ΔH_o , см/д;
- 5) за рівнянням (1.2) обчислюємо $W_{прит}$, м³ (де $T_{прит} = 1$ д; F_o , км² – з табл. 1.1);
- 6) за формулою (1.1) розраховуємо K_{BO} , %/д (де W_o , м³ – з табл. 1.1);
- 7) з використанням формули (1.8) знаходимо τ_{BO} , д.

Етапи розрахунку завдання 1.2 практичної роботи № 1:

- 1) за формулою (1.14) або рис. 1.8 визначаємо K_L , м²/год;
- 2) за рівнянням (1.13) обчислюємо $L_{змиш}$, м (де $N = 2$; $T = 48$ год)
- 3) з використанням рівняння (1.12) розраховуємо $W_{змиш}$, м³ (де ΔH_o – має розмірність «м», а не «см», береться з етапу 4) завдання 1.1; $h_{сер} = 1,0$ м; B_o – з табл. 1.1);
- 4) з використанням правої частини формули (1.11) визначаємо K_{BB} , %/д;
- 5) з використанням формули (1.16) знаходимо τ_{BB} , д.

Етапи розрахунку завдання 1.3 практичної роботи № 1:

- 1) за рівнянням (1.17) визначаємо K_{BO} (при $\tau_{BO} = 14$ д);
- 2) за рівнянням (1.18) обчислюємо $W_{прит}$;
- 3) за рівнянням (1.19) розраховуємо ΔH_o ;
- 4) з використанням середньої частини рівняння (1.4) визначаємо $k_{оз}$ (де ΔH_p – береться з етапу 1) завдання 1.1);
- 5) за рівнянням (1.20) обчислюємо $M_{заг}$.

Для автоматизованих розрахунків завдань практичної роботи № 1 можна використовувати файл-шаблон формату Microsoft Excel, який потрібно отримати у викладача. Для автоматичних розрахунків необхідно відкрити цей файл і внести вихідні дані (згідно свого варіанту) в ячейки зеленого кольору розрахункової таблиці.

За результатами розрахунків необхідно підготувати відповідні висновки до практичної роботи № 1.

2 ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2.

Оцінка можливих змін гідроекологічного стану водних екосистем у майбутньому (за сценаріями змін клімату) при різних варіантах господарської діяльності та управління водно-сольовим режимом водойм

Оцінювання можливих змін гідроекологічного стану водних екосистем у майбутньому для періоду з 2021 до 2050 рр. виконується за обраним регіональним сценарієм змін клімату (A1B). Розрахунок здійснюється при різних варіантах господарської діяльності (регулювання стоку річок ставками і водосховищами, управління водно-сольовим режимом водойм, у тому числі за рахунок поповнення морською водою). Обчислення виконуються на прикладі водної екосистеми Куяльницького лиману, що входить до групи лиманів північно-західного Причорномор'я.

2.1 Визначення граничнодопустимого регулювання стоку річок штучними водоймами згідно Водного кодексу України (з урахуванням змін клімату)

Куяльницький лиман знаходиться на території Одеської області, є водоймою загальнодержавного значення, віднесеної до категорії лікувальних. З грудня 2018 р. лиман має статус курорту державного значення. Головною притокою лиману є мала річка Великий Куяльник (площа водозбору 1860 км²), стік якої складає 92-98% від загального об'єму припливу води в лиман. Станом на 2018 р. в басейні річки знаходиться 162 штучних водойм (ставків і водосховищ), які акумулюють майже весь стік річки, що призводить до обміління і пересихання лиману, збільшення мінералізації його вод (до 400 г/дм³) та погіршення гідроекологічного стану водойми [5-8].

Згідно статті 82 Водного кодексу України «Регулювання стоку річок, створення штучних водойм» для будь-яких за розміром річок «забороняється споруджувати в їх басейні водосховища і ставки загальним обсягом, що перевищує обсяг стоку даної річки в розрахунковий маловодний рік, який спостерігається один раз у двадцять років».

Отже, об'єм регулювання штучними водоймами $W_{ШВ}$ не повинен перевищувати об'єм природного (непорушеного антропогенним впливом на водну екосистему річки – господарською діяльністю) стоку річки $W_{ПР}$ забезпеченістю $P=95\%$.

Визначення граничнодопустимого регулювання стоку річки штучними водоймами здійснюємо за ретроспективний період до змін клімату (до 1989 р.) і в майбутньому (за період 2021-2050 рр.) за обраним експертами ОДЕКУ регіональним сценарієм змін клімату A1B [6-8].

Розрахунки завдання 2.1 виконуємо за наступними етапами

(вихідні дані для розрахунку завдання 2.1 однакові для всіх варіантів)

1. З використанням результатів інструментальних гідрологічних вимірювань в гирловій ділянці річки Великий Куяльник в с. Северинівка («Щорічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Частина 1. Річки та канали») за період з 1986 по 2015 рр. визначаємо середнє значення об'єму річного побутового стоку річки $W_{\text{ПОБ}}$:

$$W_{\text{ПОБ}} = W_{1986-2015} = 4,5 \text{ млн. м}^3.$$

2. З використанням даних паспортів річок, довідників і каталогів, звітів з науково-дослідних робіт, результатів експедиційних досліджень ОДЕКУ та наукової літератури визначаємо загальний об'єм штучних водойм в басейні річки:

$$W_{\text{ШВ}} = 15,6 \text{ млн. м}^3.$$

3. З використанням даних про довжину русла річки ($L_{\text{РВС}}$, м), середні ширину ($B_{\text{сеп}}$, м) та глибину ($h_{\text{сеп}}$, м) води в руслі за довжиною річки (з паспортів річок, довідників і каталогів, звітів з науково-дослідних робіт, результатів експедиційних досліджень ОДЕКУ та наукової літератури) визначаємо об'єм води, який акумульовано в руслі річки $W_{\text{РВС}}$:

$$W_{\text{РВС}} = L_{\text{РВС}} \cdot B_{\text{сеп}} \cdot h_{\text{сеп}} = 150000 \cdot 10,0 \cdot 0,2 = 0,3 \text{ млн. м}^3.$$

4. Визначаємо об'єм природного стоку $W_{\text{ПР}}$. За наявності надійних даних інструментальних гідрологічних вимірювань $W_{\text{ПР}}$ дорівнює:

$$W_{\text{ПР}} = W_{\text{ПОБ}} + W_{\text{ШВ}} + W_{\text{РВС}} = 4,5 + 15,6 + 0,3 = 20,4 \text{ млн. м}^3;$$

При відсутності даних інструментальних гідрологічних вимірювань $W_{\text{ПР}}$ визначається методами чисельного математичного моделювання. З цією метою в ОДЕКУ під керівництвом професорів Гопченко Є.Д. та Лободи Н.С. розроблена модель «кліма-стік».

Величини річних об'ємів природного стоку $W_{\text{ПР}}$ у басейні річки Великий Куяльник та на її притоках за ретроспективний період до змін клімату (до 1989 р.) і в очікуваному майбутньому (за період 2021-2050 рр.), визначені проф. Н.С. Лободою за моделлю «кліма-стік», представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Середні багаторічні об’єми природного стоку W_{PP} у басейні річки Великий Куяльник та її приток за ретроспективний період до змін клімату (до 1989 р.) і в майбутньому (за період 2021-2050 рр.)

№ п/п	Басейн річки	Об’єми природного стоку W_{PP} , млн. м ³	
		до 1989 р.	2021-2050 рр.
1	річка Кошкова – ліва притока р. В. Куяльник	3,50	1,82
2	річка Силівка – ліва притока р. В. Куяльник	1,53	0,87
3	річка Суха Журівка – ліва притока р. В. Куяльник	3,29	2,13
4	річка Великий Куяльник (без лівих приток)	12,08	7,88
5	для всього басейну річки Великий Куяльник	20,4	12,7

5. За даними про природний стік річок та з урахуванням вимог Водного кодексу України визначаємо величини об’ємів граничнодопустимого регулювання стоку річок штучними водоймами $W_{ШВ}$ (при $P = 95\%$) за ретроспективний період до змін клімату (до 1989 р.) і в майбутньому (для періоду 2021-2050 рр.) за обраним сценарієм змін клімату А1В (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Об’єми граничнодопустимого регулювання стоку річок штучними водоймами $W_{ШВ}$ за ретроспективний період до початку змін клімату (до 1989 р.) і в майбутньому (для періоду 2021-2050 рр.) за сценарієм змін клімату (А1В)

№ п/п	Басейн річки	Об’єми граничнодопустимого регулювання стоку річок штучними водоймами $W_{ШВ}$, млн. м ³	
		до 1989 р.	2021-2050 рр.
1	річка Кошкова	0,350	0,178
2	річка Силівка	0,150	0,085
3	річка Суха Журівка	0,320	0,209
4	р. В. Куяльник (без лівих приток)	1,180	0,773
5	для всього басейну р. В. Куяльник	1,980	1,245

6. Порівнюємо об'єми найбільших штучних водойм у басейні річки Великий Куяльник та на її притоках (табл. 2.3) з визначеними раніше об'ємами граничнодопустимого регулювання стоку річок (табл. 2.2).

Таблиця 2.3 – Характеристики найбільших штучних водойм у басейні річки Великий Куяльник та її приток (станом на 2012 р.)

№ варіанту до завдання 2.2	Басейн річки	Назва ШВ	$W_{ШВ}$, млн. м ³	$F_{ШВ}$, млн. м ²	$h_{ШВ}$, м	$L_{ШВ}$, м	$V_{ШВ}$, м	Положення ШВ (населений пункт)
1, 5, 10	річка Кошкова	Северинівське водосховище	2,560	1,460	1,75	3380	432	с. Благоево
2, 6	річка Силівка	Силівське водосховище	1,400	0,520	2,69	2000	260	с. Силівка
3, 7, 9	річка Суха Журівка	Григор'ївський ставок № 1	0,358	0,267	1,34	1380	194	с. Суха Журівка
4, 8	річка Великий Куяльник (без лівих приток)	Ширяєвський ставок № 1	0,714	0,510	1,40	2800	182	сmt Ширяєво

Висновки та рекомендації (до завдання 2.1)

1. За результатами розрахунків було науково обґрунтовано об'єми граничнодопустимого регулювання стоку річки Великий Куяльник та її приток згідно Водного кодексу України та з урахуванням змін клімату (див. табл. 2.2).

2. Визначено, що фактичні об'єми штучних водойм (15,6 млн. м³) значно перевищують допустимі об'єми регулювання стоку: в 7,9 разів – для ретроспективного періоду до змін клімату (до 1989 р.), та в 12,5 разів – для очікуваного майбутнього періоду (2021-2050 рр.) за сценарієм А1В.

3. Рекомендуємо у майбутньому залишити по одній з існуючих штучних водойм на лівих притоках річки та дві – на інших її ділянках: одну – у верхів'ях, ще одну – в середній течії річки (згідно табл. 2.3), але змінивши їх об'єм до допустимих значень та змінивши конфігурацію у плані для зменшення втрат води на випаровування (див. завдання 2.2).

2.2 Розробка рекомендацій щодо кількості, місцеположення, морфометричних характеристик та конфігурації у плані існуючих штучних водойм у басейні річки в майбутньому (за сценаріями змін клімату)

Для зменшення втрат води на випаровування з водної поверхні штучних водойм, що залишаться, пропонується (за наявності такої можливості) змінити їх тип (конфігурацію в плані). Для цього необхідно штучним водоймам (рис. 2.1*а*), створеним у руслах річок і балок, та ставкам-копаням переважно атмосферного живлення (у сухих балках, що наповнюються винятково водами поверхневого стоку) надати форму подібну меандру, як це показано на рис. 2.1*б*.

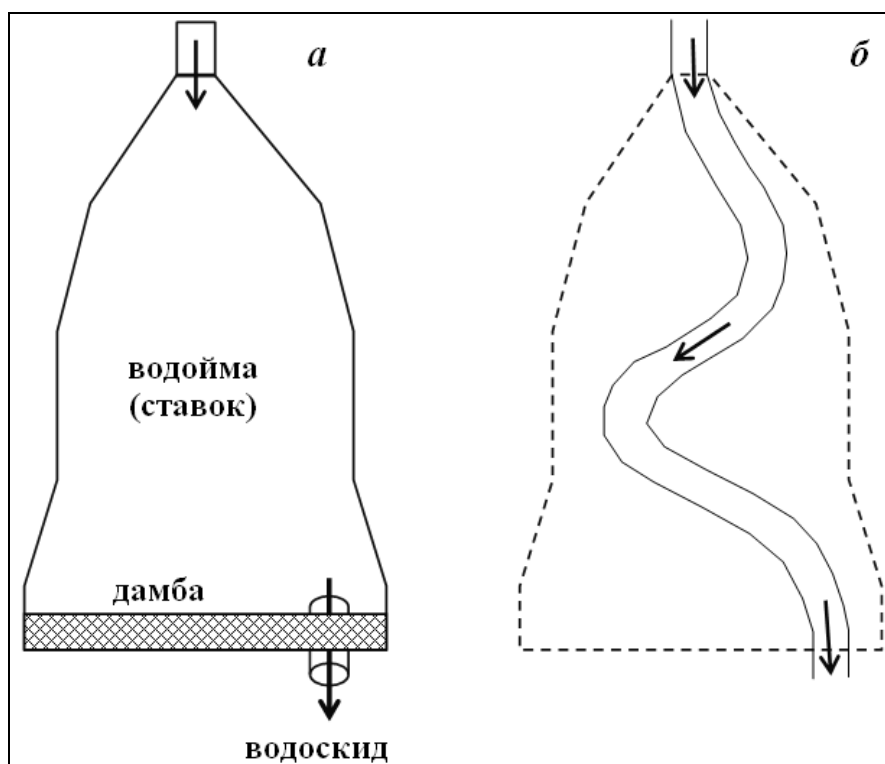


Рис. 2.1 – Схема зміни конфігурації звичайної (традиційної) штучної водойми форми (*а*) на водойму (русло) у вигляді правильного слабковигнутого меандру (*б*)

Об'єм штучної водойми в цьому випадку може залишитись незмінним, але площа поверхні води, а відповідно й об'єм випареної води, зменшиться у декілька разів. Для цього в місці існуючої штучної водойми (рис. 2.1*а*) споруджується копань (рис. 2.1*б*), наприклад, у вигляді русла за формою правильного слабковигнутого меандру з вигином рівномірної кривості. Визначення нових морфометричних характеристик штучних водойм виконується наступним чином.

Розрахунки виконуємо для за наступними етапами

(згідно з своїм варіантом)

1. Морфометричні характеристики найбільшої штучної водойми (згідно табл. 2.3): довжина – 250 м, середня ширина – 50 м, середня глибина – 0,6 м, площа водної поверхні – 25000 м², об'єм води – 15000 м³.

2. Оцінка нових морфометричних характеристик штучної водойми, які утворяться після зміни її конфігурації (типу), визначається в такій послідовності:

– об'єм води згідно вимог Водного кодексу України та змін клімату дорівнює: 12500 м³ (з табл. 2.2, для періоду **2021-2050 рр.**, сценарій А1В);

– нові ширина та глибина копаної водойми (з урахуванням можливостей екскаваторної техніки) задаються, відповідно, 12,5 м та 2,5 м;

– площа поперечного перерізу русла нової копаної водойми дорівнюватиме: $12,5 \text{ м} \cdot 2,5 \text{ м} = 31,25 \text{ м}^2$;

– довжина водойми становитиме: $\frac{12500 \text{ м}^3}{31,25 \text{ м}^2} = 400 \text{ м}$;

– площа поверхні води дорівнюватиме: $400 \text{ м} \cdot 12,5 \text{ м} = 5000 \text{ м}^2$.

3. Отже, площа водної поверхні ставка, а відповідно й об'єм випареної води, зменшиться у п'ять разів ($\frac{25000 \text{ м}^2}{5000 \text{ м}^2} = 5$).

Висновки та рекомендації

(до завдання 2.2)

1. Після зміни конфігурації (типу) штучної водойми, щороку у періоди весняного водопілля або/та дощових паводків, втрати стоку на поповнення її об'єму будуть у п'ять разів меншими, а «зеконотлений» об'єм руслового стоку піде на поповнення лиману. Зауважимо, що це можливе лише за сприятливих геологічних та гідрогеологічних умов або при унеможливленні втрат води на інфільтрацію.

2. Рекомендуємо у майбутньому здійснити заліснення прибережних захисних смуг вздовж русел річок та модифікованих штучних водойм, які залишаться після змін їх конфігурації. Впровадження цього заходу дозволить після зростання дерев і кущів зменшити випаровування з водної поверхні (за рахунок затінення поверхні води, зменшення температури, збільшення вологості повітря, переведення поверхневого стоку у підземний). Деревина та кущі також сприятимуть збільшенню водності шляхом затримки та накопичення у своїх заростях додаткової кількості атмосферних опадів (насамперед, при від'ємних температурах повітря).

2.3 Оцінка можливого водно-сольового режиму водойм в майбутньому (з урахуванням змін клімату) та розробка рекомендацій щодо режиму їх функціонування для забезпечення благополучного гідроекологічного стану (на прикладі Куяльницького лиману)

Рівняння водно-сольового балансу Куяльницького лиману можна записати таким чином:

– водного балансу (рис. 2.1):

$$W_{K,j} = W_{K,j-1} + (W_{P,j} + W_{r,j} + W_{m,j} - W_{E,j}) \Delta t; \quad (2.1)$$

– балансу маси солей:

$$C_{K,j} = C_{K,j-1} + (W_{P,j}S_{P,j} + W_{r,j}S_{r,j} + W_{m,j}S_{m,j}) \Delta t \quad (2.2)$$

де Δt – розрахунковий крок моделі у часі, який брався рівним 1 місяцю;

$W_{K,j-1}$ – об'єм води в лимані наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця ($j-1$), млн. м³;

$W_{K,j}$ – об'єм води в лимані наприкінці розрахункового місяця (j), млн.м³;

$W_{P,j}$ – об'єм атмосферних опадів, що випали на водну поверхню лиману за розрахунковий період (місяць (j)), млн. м³;

$W_{r,j}$ – об'єм припливу води (поверхневого, схилового, підземного стоку) з водозбірного басейну до лиману за місяць (j), млн. м³;

$W_{m,j}$ – об'єм припливу води з моря трубопроводом «море-лимани» за місяць (j), млн. м³;

$W_{E,j}$ – об'єм води, що випарився з водної поверхні лиману за місяць (j), млн. м³;

$C_{K,j-1} = 0,001 W_{K,j-1} S_{K,j-1}$ – маса солей в лимані наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця ($j-1$), млн. т;

$C_{K,j} = 0,001 W_{K,j} S_{K,j}$ – маса солей в лимані наприкінці місяця (j), за який виконується розрахунок, млн. т;

$S_{K,j-1}$ – мінералізація води в лимані наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця ($j-1$), г/дм³;

$S_{K,j}$ – мінералізація води в лимані наприкінці місяця (j), який розраховується, г/дм³;

$S_{P,j}$ – середня мінералізація атмосферних опадів, що випали на водну поверхню лиману за розрахунковий період (місяць (j)), г/дм³;

$S_{r,j}$ – середня за місяць (j) мінералізація припливних вод (поверхневих, схилових, підземних), що надійшли до лиману з його басейну, г/дм³;

$S_{m,j}$ – мінералізація води, що надходить до лиману трубопроводом «море-лимани» за місяць (j), г/дм³.

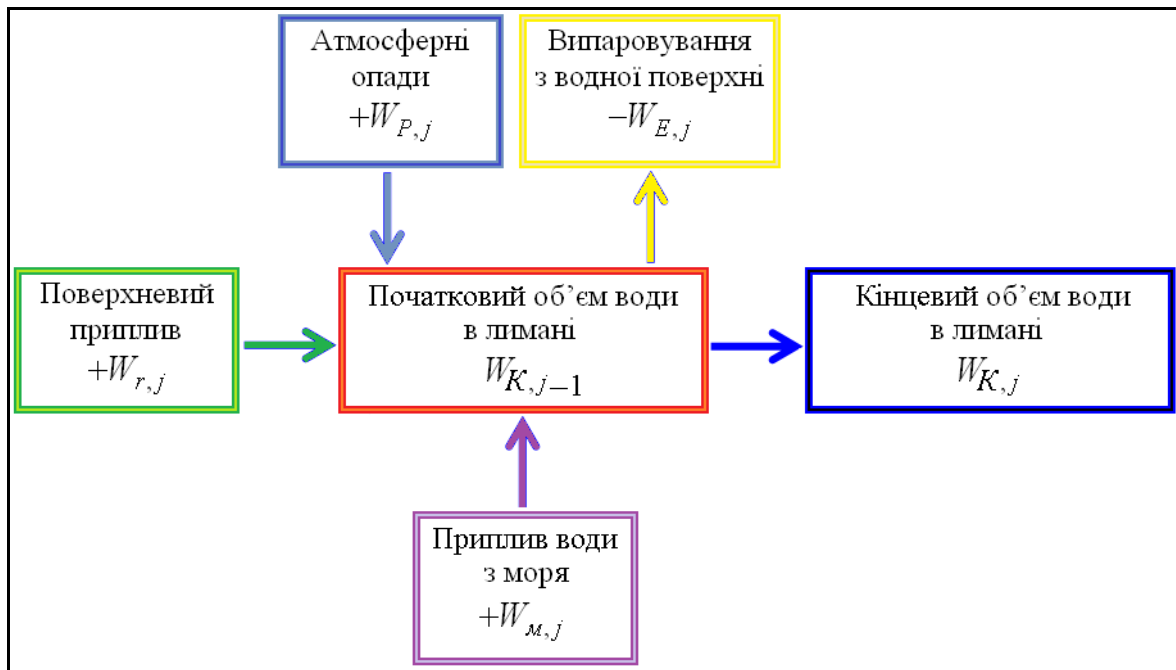


Рис. 2.1 – Блок-схема водного балансу Куяльницького лиману при моделюванні наповнення лиману водами Чорного моря

Об'єм води в лимані наприкінці розрахункового місяця (j) визначається на кожному розрахунковому кроці: $W_{K,j} = W_{K,j-1} + \Delta W_{K,j}$.

Надалі, із застосуванням функціональних залежностей $\zeta_{K,j} = f(W_{K,j})$ та $F_{K,j} = f(\zeta_{K,j})$ (рис. 2.2 та 2.3), визначаються площа водної поверхні $F_{K,j}$ (млн. м²) і рівень води у лимані $\zeta_{K,j}$ (м БС) наприкінці місяця (j).

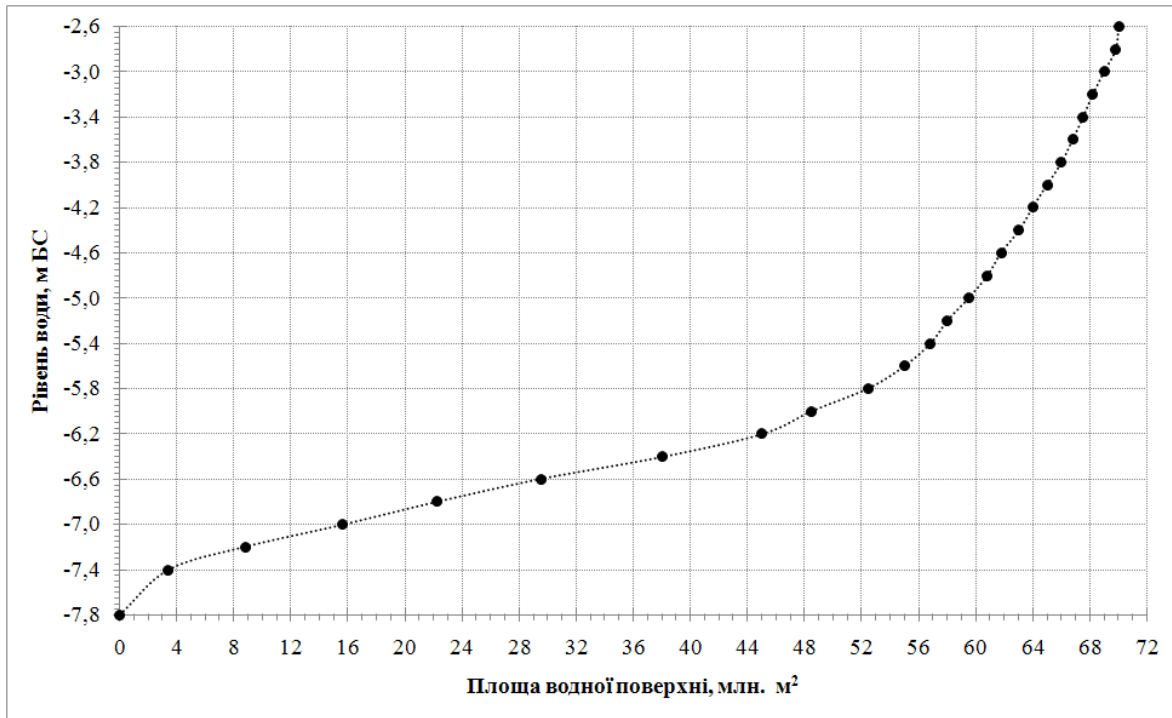


Рис. 2.2 – Крива площ водної поверхні $F_{K,j} = f(\zeta_{K,j})$ Куяльницького лиману

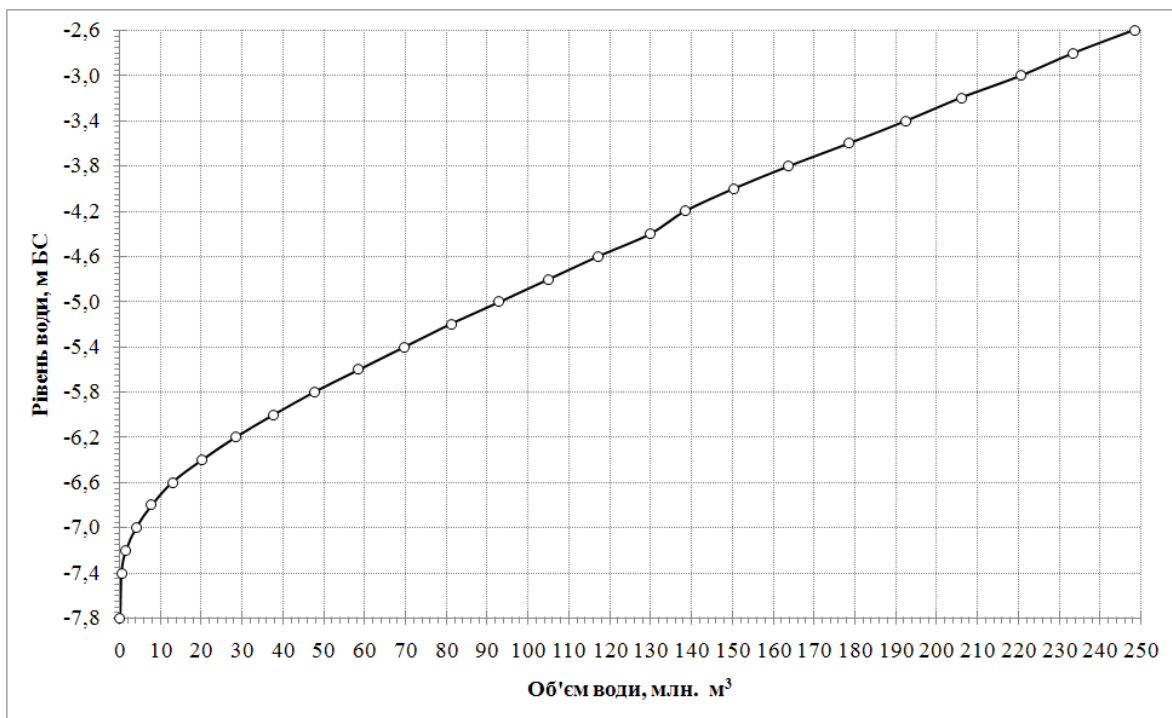


Рис. 2.3 – Крива об'ємів води $\zeta_{K,j} = f(W_{K,j})$ Куяльницького лиману

Мінералізація води в лимані наприкінці місяця (j) розраховується таким чином

$$S_{K,j} = \frac{C_{K,j}}{W_{K,j}} . \quad (2.3)$$

У приходній частині рівнянь моделі водно-сольового балансу Куяльницького лиману (2.1) та (2.2), використаних для розрахунку рівнів і мінералізації води лиману, відсутні такі складові як фільтрація морських вод через пересип між лиманом і морем та приплив підземних вод через дно чаші водойми. Це пов'язано з тим, що об'єми вказаних вод є дуже незначними по відношенню до інших складових водно-сольового балансу лиману і становлять десятки та соті частки відсотків або, інколи, 1-2% його приходної частини.

Об'єм атмосферних опадів $W_{P,j}$, млн. м³, що випали на водну поверхню Куяльницького лиману за j -й місяць, визначався за формулою

$$W_{P,j} = P_j F_{j-1}, \quad (2.4)$$

де P_j – шар атмосферних опадів за розрахунковий місяць (j), м, визначений за даними метеорологічного поста «Одеса-Куяльник»;

F_{j-1} – площа водної поверхні лиману наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця, млн. м².

Мінералізація атмосферних опадів в районі лиману $S_{P,j}$ (г/дм³) визначається з використанням зв'язку з сумами опадів (рис. 2.3).

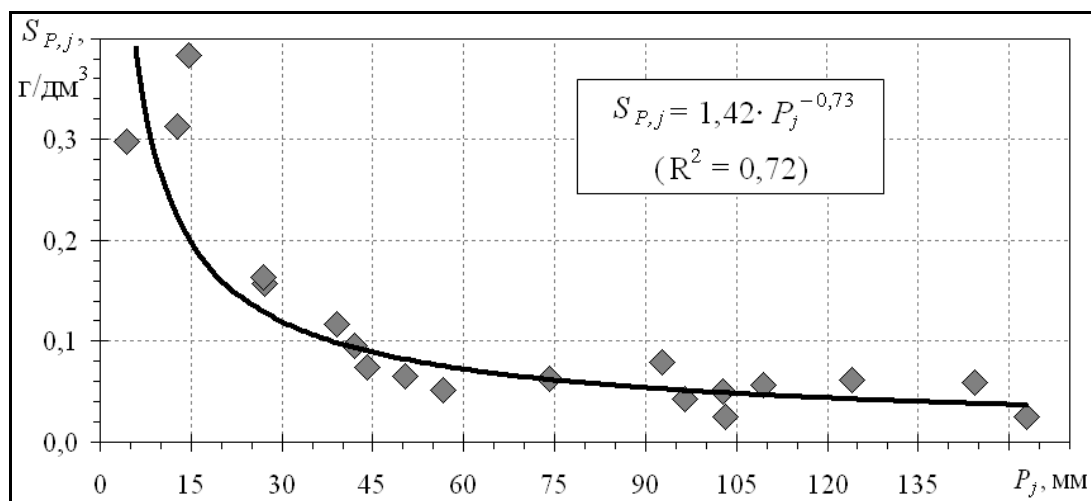


Рис. 2.3 – Зв'язок середньомісячних значень мінералізації атмосферних опадів ($S_{P,j}$, мг/дм³) з щомісячними сумами опадів (P_j , мм)

Об'єм припливу вод з водозбірного басейну $W_{r,j}$ (поверхневих, схилових, підземних), млн. м³, до Куяльницького лиману за розрахунковий період визначається за формулою

$$W_{r,j} = W_{p.B.K.,j} + W_{p.D.,j} + W_{p.K.,j} + W_{б.Г.,j} + W_{б.К.,j} + W_{c.л.ВНС5,j} + W_{c.л.с.п.,j}, \quad (2.5)$$

де $W_{p.B.K.,j}$, $W_{p.D.,j}$, $W_{p.K.,j}$, $W_{б.Г.,j}$, $W_{б.К.,j}$, $W_{c.л.ВНС5,j}$, $W_{c.л.с.п.,j}$ – об'єми надходження вод до лиману за розрахункові місяці (j), відповідно, від річок Великий Куяльник, Довбока, Кубанка, балок Гільдендорфська, Корсунцівська, скидних лотків водо-насосної станції (ВНС) № 5 та ставків пересипу.

При наявності даних про середньомісячні витрати води водотоків, що впадають в лиман, як, наприклад, для р. В. Куяльник, об'єми припливу вод, що надійшли за місяць до лиману з водозбірного басейну річки або балки, $W_{r,j,i}$, млн. м³, розраховуються за формулою

$$W_{r,j,i} = 86400n_j Q_{r,j,i} 10^{-6}, \quad (2.6)$$

де $Q_{r,j,i}$ – середня за j -й місяць витрата води i -го водотоку, м³/с;

n_j – кількість діб в j -му місяці року;

86400 – кількість секунд в одній добі, с;

10^{-6} – перехідний коефіцієнт з м³ до млн. м³.

Мінералізація води приток (річок Довбока, Кубанка, балок Гільдендорфська, Корсунцівська, скидних лотків ВНС № 5 та ставків пересипу) визначається за даними ОДЕКУ (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Середні значення мінералізації води (мг/дм³) в гирлах приток Куяльницького лиману (без р. В. Куяльник)

Річка, балка, скидний лоток	Мінералізація води, г/дм ³
р. Довбока	3,380
р. Кубанка	4,665
б. Гільдендорфська	5,028
б. Корсунцівська	2,268
скидний лоток з ВНС № 5	0,552
скидний лоток з ставків пересипу	1,885

Мінералізація води річки Великий Куяльник визначається з використанням її зв'язку з витратою води $\Sigma I=f(Q)$ (рис. 2.4).

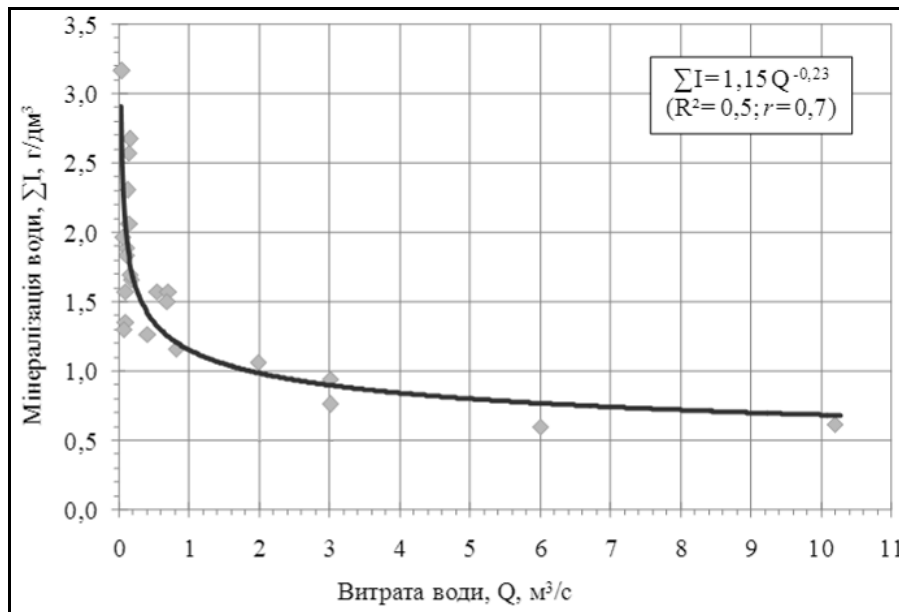


Рис. 2.4 – Зв'язок мінералізації води (суми іонів) з витратою води $\Sigma I=f(Q)$ в гирловій частині р. В. Куяльник – с. Северинівка

Об'єми випаровування з водної поверхні $W_{E,j,i}$ Куяльницького лиману розраховувалися таким чином:

$$W_{E,j} = E_{S,j} F_{j-1}, \quad (2.7)$$

$$E_{S,j} = k_{S,j} E_j, \quad (2.8)$$

$$k_{S,j} = 1 - 0,002 S_{j-1}, \quad (2.9)$$

де $E_{S,j}$ – шар випаровування з водної поверхні лиману за розрахунковий місяць (j), м;

E_j – розрахунковий шар води, який випарився за місяць (j) з водної поверхні прісної водойми в районі лиману, м;

$k_{S,j}$ – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив мінералізації води на зменшення випаровування з водної поверхні лиману.

Для розрахунку шару води, який випарився за місяць (j) з водної поверхні прісної водойми E_j , використовується його зв'язок з середньомісячними температурами повітря T_j , °С, та значеннями відносної вологості повітря f_j , % (рис. 2.5).

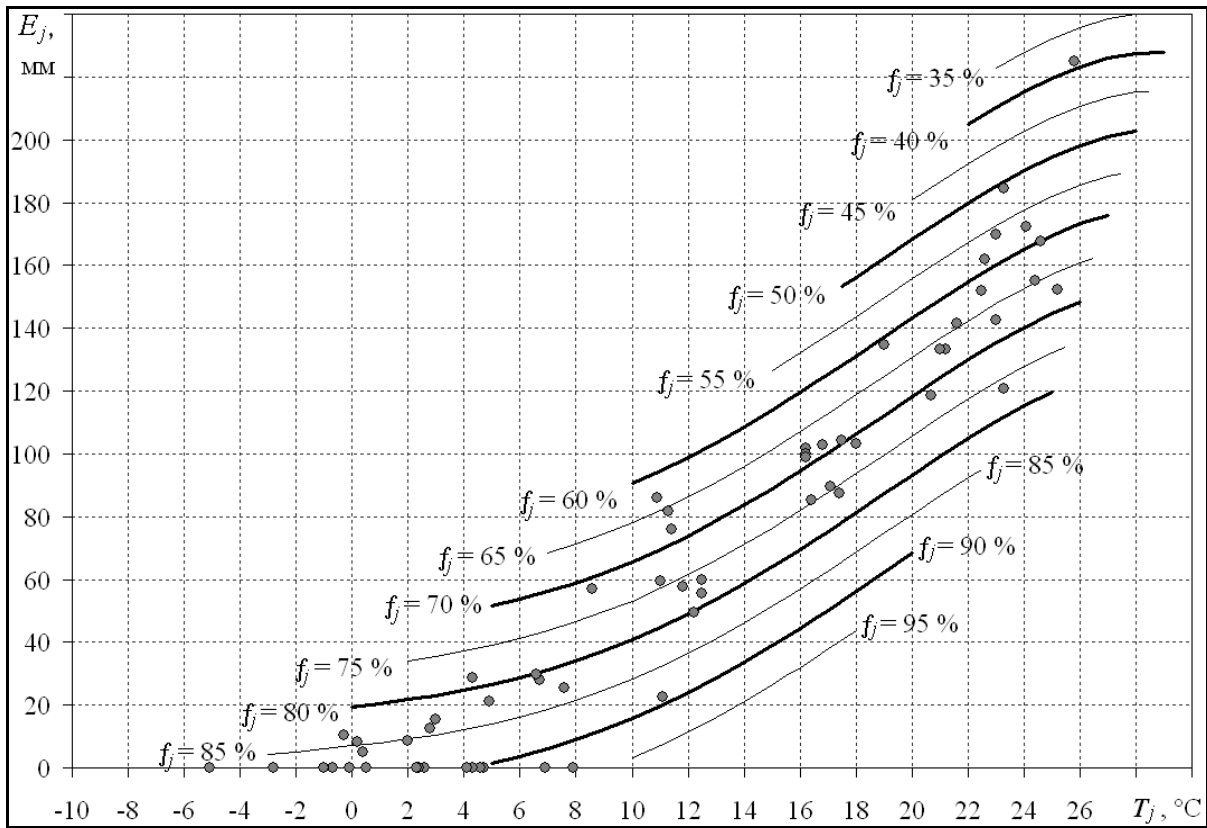


Рис. 2.5 – Зв’язок шару води, який випарився за місяць (j) з водної поверхні прісної водойми E_j , мм, з середньомісячними температурами повітря T_j , °C, та значеннями відносної вологості повітря f_j , %

Об’єми припливу морських вод через трубопровід «море-лиман» $W_{m,j}$, млн. м³, за розрахунковий місяць (j) визначається за формулою

$$W_{m,j} = 86400 N_j Q_{m,j} 10^{-6}, \quad (2.10)$$

де N_j – кількість діб, коли надходила морська вода в j -ому місяці;

$Q_{m,j}$ – середні за місяць витрати води в трубопроводі, м³/с;

86400 – кількість секунд в одній добі, с;

10^{-6} – коефіцієнт, який переводить розраховані дані з м³ в млн. м³.

Середньомісячні значення мінералізації морської води $S_{m,j}$, г/дм³, визначаються за даними гідрологічного поста «Порт-Одеса» (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Середньомісячні значення мінералізації морської води

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$S_{m,j}$, г/дм ³	13,8	14,1	13,7	12,3	13,0	13,8	14,1	14,7	15,0	14,4	13,5	13,8
	1	4	0	2	5	1	9	4	9	3	5	4

В розрахунках водно-сольового балансу лиману приймається, що приплив морської води через трубопровід «море-лиман» відбувається самоплином з витратою $Q_m = 1,10 \text{ м}^3/\text{с}$.

Граничні умови подачі морської води з Одеської затоки до лиману:

– подача морської води до лиману починається, якщо:

а) середньодобова температура води в Одеській затоці є меншою або дорівнює 8°C ;

б) середньомісячна мінералізація води в лимані є більша за 40 г/дм^3 , а позначка рівня води в лимані є меншою від мінус $4,35 \text{ м БС}$;

– подача морської води до лиману припиняється, якщо:

а) значення рівня води в лимані перед початком водопілля є більшим від позначки мінус $4,35 \text{ м БС}$;

б) середньомісячна мінералізація води в лимані менша за 40 г/дм^3 ;

в) середньодобова температура води в Одеській затоці вища ніж 8°C .

З урахуванням результатів багаторічних вимірювань температури морської води в Одеській затоці на посту «Порт-Одеса» вважається, що морська вода подається в Куяльницький лиман впродовж 5-ти наступних місяців року: з січня по квітень та в грудні.

Крім того, вважається, що якість морської води відповідає всім необхідним вимогам для її подачі в лиман.

Забезпечення «*доброго екологічного стану*» Куяльницького лиману можливе при підтриманні мінералізації води у водоймі в діапазоні **від 40 до 200 г/дм³** – найбільш сприятливі умови солоності для повноцінного функціонування специфічних гідробіонтів лиману або так званої «*бальнеологічної біоти*», насамперед зяброногого рачка *Artemia salina*.

Оцінка можливого водно-сольового режиму Куяльницького лиману виконується за наступними етапами (згідно з своїм варіантом)

1. За результатами імітаційного моделювання водно-сольового режиму Куяльницького лиману (**табл. 2.5-2.8**) в майбутньому (в умовах змін клімату за сценарієм А1В, на прикладі модельного 2027 року), при різних варіантах господарської діяльності та управління водно-сольовим режимом водойми (у тому числі, шляхом подачі морської води з Одеської затоки) виконується креслення хронологічних графіків середньомісячних значень рівнів та мінералізації води в лимані (**див. приклад на рис. 2.6-2.7**).

2. Порівнюються розраховані величини середньомісячних значень рівнів та мінералізації води в лимані з рекомендованими для забезпечення благополучного гідроекологічного стану цієї водойми.

Таблиця 2.5 – Результати імітаційного моделювання водно-солевого режиму Куяльницького лиману в майбутньому (в умовах змін клімату за сценарієм А1В, на прикладі модельного 2027 року), при різних варіантах господарської діяльності та управління водно-солевим режимом водойми (**варіанти № 1, 5, 10**, початкові умови: $\xi_{K,j-1} = -6,50$ мБС, $S_{K,j-1} = 380$ г/дм³, $W_{K,j-1} = 17,0$ млн. м³, $C_{K,j-1} = 6,50$ млн. т)

Місяць року	Варіанти господарської діяльності та управління водно-солевим режимом					
	Побутовий стік		Побутовий стік та морська вода		Природний стік	
	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³
I	-6,48	367	-6,43	343	-6,47	365
II	-6,41	330	-6,29	275	-6,40	323
III	-6,34	291	-6,17	227	-6,25	257
IV	-6,27	261	-6,05	194	-6,00	183
V	-6,22	240	-5,98	177	-5,84	145
VI	-6,22	243	-6,01	183	-5,84	146
VII	-6,23	244	-6,03	188	-5,86	149
VIII	-6,25	255	-6,07	200	-5,90	157
IX	-6,30	272	-6,13	217	-5,96	170
X	-6,31	276	-6,16	225	-6,00	178
XI	-6,30	274	-6,13	217	-6,01	180
XII	-6,26	257	-6,03	191	-5,97	171

Таблиця 2.6 – Результати імітаційного моделювання водно-солевого режиму Куяльницького лиману в майбутньому (в умовах змін клімату за сценарієм А1В, на прикладі модельного 2027 року), при різних варіантах господарської діяльності та управління водно-солевым режимом водойми (**варіант № 2, 6**, початкові умови: $\xi_{K,j-1} = -6,40$ м БС, $S_{K,j-1} = 325$ г/дм³, $W_{K,j-1} = 20,0$ млн. м³, $C_{K,j-1} = 6,50$ млн. т)

Місяць року	Варіанти господарської діяльності та управління водно-солевым режимом					
	Побутовий стік		Побутовий стік та морська вода		Природний стік	
	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³
I	-6,38	314	-6,34	297	-6,38	313
II	-6,32	285	-6,22	244	-6,31	280
III	-6,26	257	-6,10	205	-6,18	229
IV	-6,20	235	-5,99	179	-5,95	170
V	-6,15	219	-5,93	165	-5,79	137
VI	-6,17	223	-5,95	171	-5,80	138
VII	-6,18	227	-5,98	177	-5,81	141
VIII	-6,21	238	-6,03	189	-5,86	149
IX	-6,26	256	-6,09	205	-5,92	161
X	-6,27	262	-6,12	213	-5,96	169
XI	-6,27	261	-6,09	206	-5,97	171
XII	-6,23	245	-6,00	183	-5,93	164

Таблиця 2.7 – Результати імітаційного моделювання водно-солевого режиму Куяльницького лиману в майбутньому (в умовах змін клімату за сценарієм А1В, на прикладі модельного 2027 року), при різних варіантах господарської діяльності та управління водно-солевым режимом водойми (**варіант № 3, 7, 9**, початкові умови: $\xi_{K,j-1} = -6,30$ м БС, $S_{K,j-1} = 270$ г/дм³, $W_{K,j-1} = 24,0$ млн. м³, $C_{K,j-1} = 6,50$ млн. т)

Місяць року	Варіанти господарської діяльності та управління водно-солевым режимом					
	Побутовий стік		Побутовий стік та морська води		Природний стік	
	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³
I	-6,28	263	-6,24	250	-6,28	262
II	-6,22	242	-6,12	212	-6,21	238
III	-6,17	222	-6,01	183	-6,09	201
IV	-6,12	207	-5,92	163	-5,87	154
V	-6,08	196	-5,86	152	-5,73	128
VI	-6,09	201	-5,89	157	-5,73	129
VII	-6,11	206	-5,92	163	-5,76	132
VIII	-6,15	218	-5,97	174	-5,80	139
IX	-6,20	236	-6,04	190	-5,87	151
X	-6,22	243	-6,07	198	-5,91	158
XI	-6,22	243	-6,04	193	-5,92	161
XII	-6,19	230	-5,95	172	-5,88	154

Таблиця 2.8 – Результати імітаційного моделювання водно-солевого режиму Куяльницького лиману в майбутньому (в умовах змін клімату за сценарієм А1В, на прикладі модельного 2027 року), при різних варіантах господарської діяльності та управління водно-солевым режимом водойми (**варіант № 4, 8**, початкові умови: $\xi_{K,j-1} = -6,20$ м БС, $S_{K,j-1} = 230$ г/дм³, $W_{K,j-1} = 28,0$ млн. м³, $C_{K,j-1} = 6,50$ млн. т)

Місяць року	Варіанти господарської діяльності та управління водно-солевым режимом					
	Побутовий стік		Побутовий стік та морська води		Природний стік	
	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³	$\xi_{K,j}$, м БС	$S_{K,j}$, г/дм ³
I	-6,18	225	-6,15	216	-6,18	224
II	-6,13	210	-6,03	187	-6,12	207
III	-6,08	196	-5,93	165	-6,00	179
IV	-6,03	185	-5,85	149	-5,80	141
V	-6,00	177	-5,79	140	-5,66	119
VI	-6,02	182	-5,82	145	-5,67	120
VII	-6,05	188	-5,86	151	-5,70	124
VIII	-6,09	200	-5,91	162	-5,74	131
IX	-6,15	217	-5,98	176	-5,82	141
X	-6,17	225	-6,01	184	-5,86	148
XI	-6,18	226	-5,99	180	-5,87	151
XII	-6,14	215	-5,90	162	-5,83	145

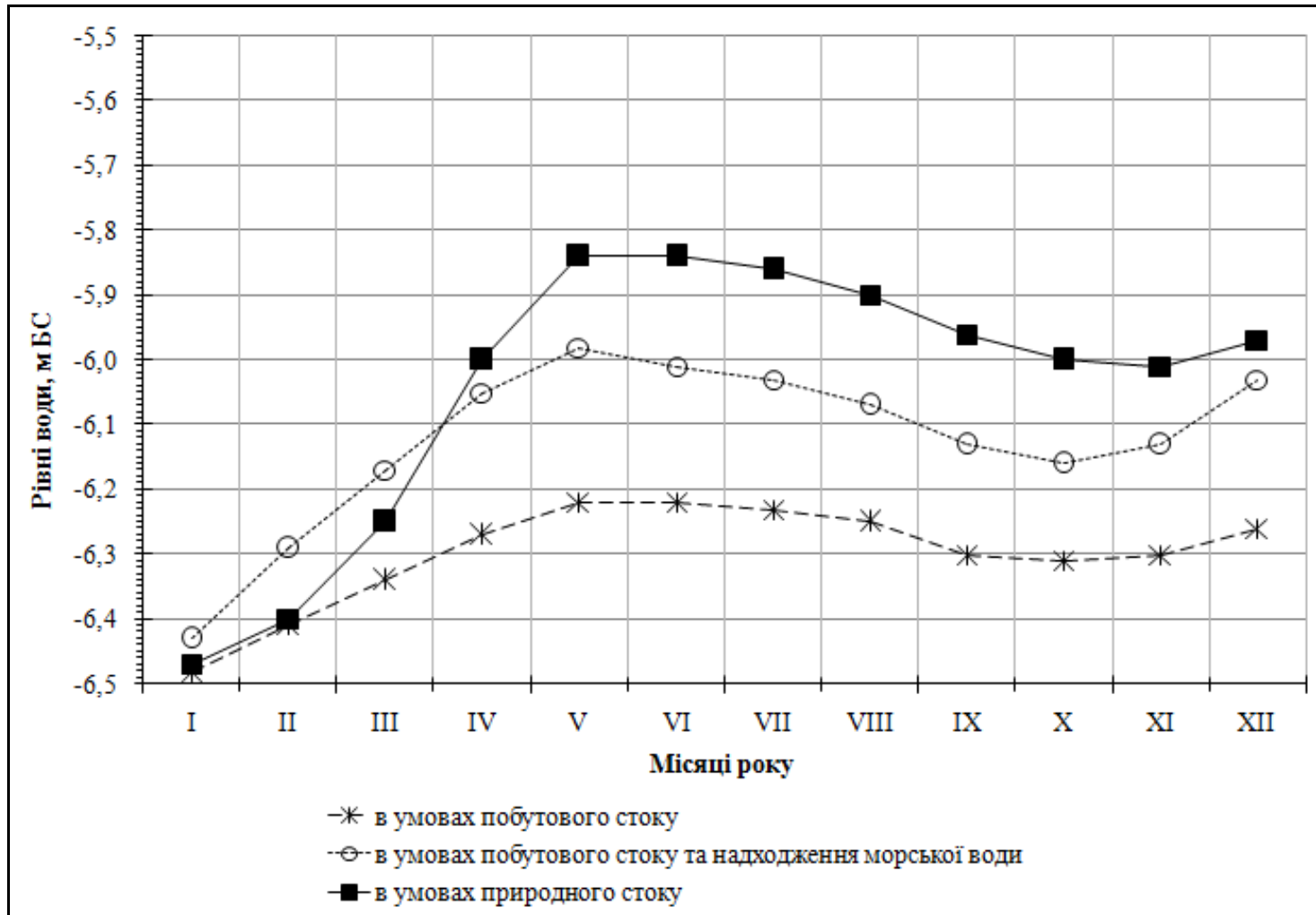


Рис. 2.6 – Хронологічний графік середньомісячних значень **рівнів** води в Куяльницькому лимані (в умовах змін клімату за сценарієм А1В, на прикладі модельного 2027 року), при різних варіантах господарської діяльності та управління водно-сольовим режимом водойми

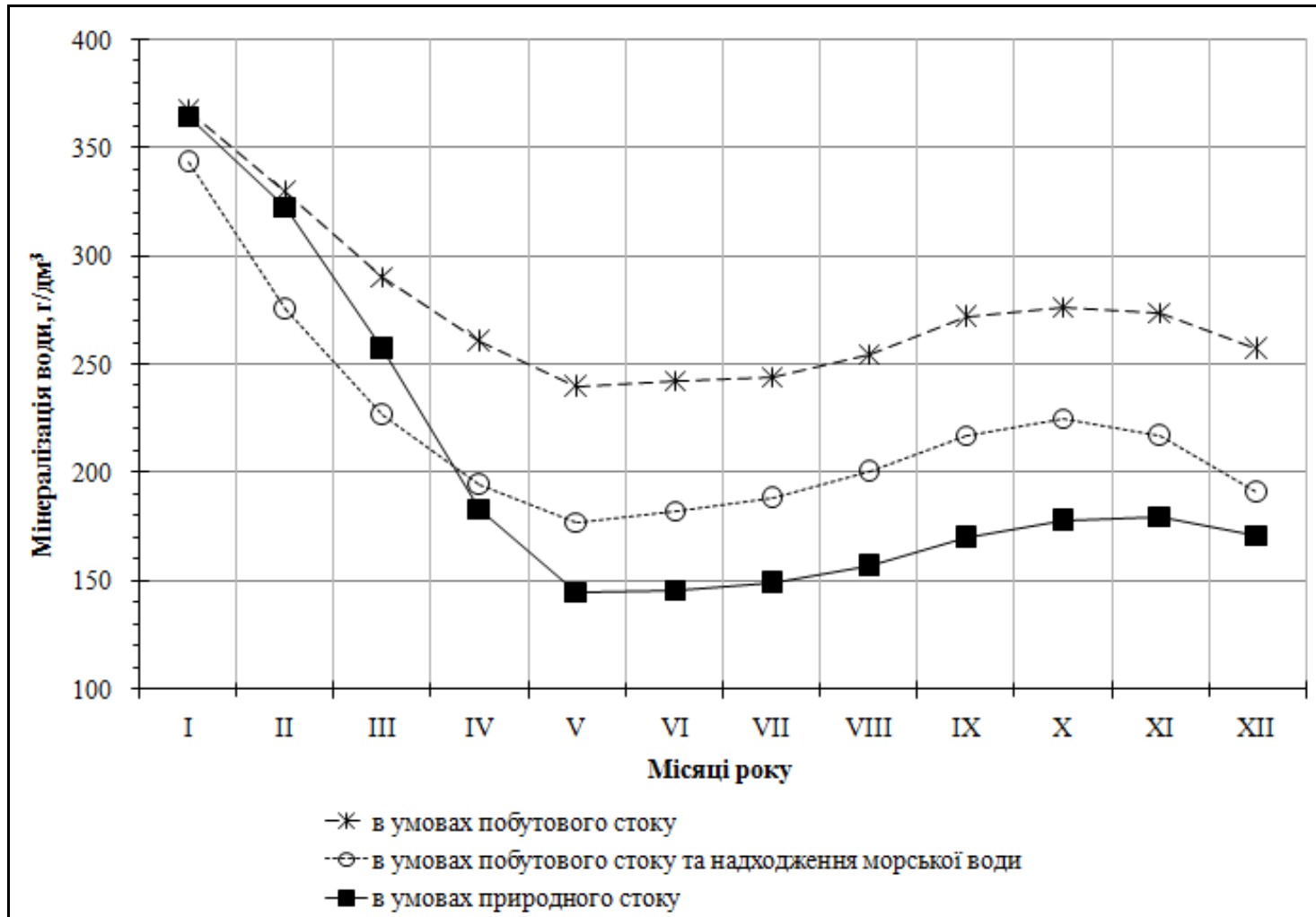


Рис. 2.7 – Хронологічний графік середньомісячних значень **мінералізації** води в Куяльницькому лимані (в умовах змін клімату за сценарієм А1В, на прикладі модельного 2027 року), при різних варіантах господарської діяльності та управління водно-сольовим режимом водойми

Висновки та рекомендації

(до завдання 2.3)

1. Визначено, що значення мінералізації води в лимані (рис. 2.7):
 - в умовах побутового стоку в усі місяці року перевищує верхню межу граничнодопустимого значення (200 г/дм³);
 - в умовах побутового стоку та при поповненні лиману морською водою в період з квітня по серпень і в грудні не перевищує верхню межу граничнодопустимого значення (200 г/дм³);
 - в умовах природного стоку вже з квітня знаходиться в межах граничнодопустимого діапазону (від 40 до 200 г/дм³).
2. Рівні води в лимані (рис. 2.6) при всіх варіантах господарської діяльності та управління водно-сольовим режимом водойми не перевищують величини максимально допустимої позначки (мінус 4,35 м БС). В кінці розрахункового року найбільше значення рівня води буде в умовах природного стоку (-5,50 м БС), найменше значення – в умовах побутового (-6,35 м БС), яке спостерігатиметься при існуючому рівні антропогенного впливу (перш за все, у вигляді регулювання стоку) на водозборі лиману.
3. Загальна вага солей в Куяльницькому лимані за рік збільшиться: на 12,2 тис. тонн – в умовах побутового стоку, на 245,6 тис. тонн – в умовах побутового стоку та при поповненні лиману морською водою, на 61,2 тис. т – в умовах природного стоку (висновок 3 однаковий для всіх!).
4. З урахуванням висновків 1-3 **рекомендуємо** у майбутньому для забезпечення благополучного гідроекологічного стану Куяльницького лиману (шляхом управління режимами рівнів і мінералізації води) варіант відновлення природного стоку з водозбірною басейну до водойми. В цьому випадку вже з квітня першого року величина мінералізації води буде знаходитися в межах граничнодопустимого діапазону (від 40 до 200 г/дм³), а рівні води впродовж року збільшаться на 0,5 м (з позначки мінус 6,40 до позначки мінус 5,90 м БС). Поповнення об'єму лиману морською водою з Одеської затоки (трубопроводом «море-лиман») може бути рекомендовано лише на період до відновлення природного стоку річок і балок на водозборі водойми, тому що з морською водою до лиману буде щорічно додатково надходити 233,4 тис. тонн солей, що майже в 4 рази більше ніж в умовах природного стоку з водозбірною басейну лиману.

Для автоматизованих розрахунків завдань практичної роботи № 2 можна використовувати файл-шаблон формату Microsoft Excel, який потрібно отримати у викладача. Для автоматичних розрахунків необхідно відкрити цей файл і внести вихідні дані (згідно свого варіанту) в ячейки зеленого кольору розрахункових таблиць.

За результатами розрахунків необхідно підготувати відповідні висновки до практичної роботи № 2.

3 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.

Сучасні методи, прилади та контрольно-вимірвальна апаратура для оцінювання і прогнозування антропогенного впливу на якість вод та стан водних екосистем

Метою індивідуального завдання є самостійна підготовка переліку методів вимірювань, приладів та обладнання для визначення показників якості води, які використовуються для оцінювання та прогнозування екологічного стану водних екосистем згідно з міжвідомчим керівним документом «*Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями*» (затверджено наказом Мінекобезпеки України № 44 від 31.03.1998 р., чинний з 01.01.1999 р.) [9, 10].

Для підготовки переліку методів вимірювань, приладів та обладнання рекомендується використовувати інформацію з офіційних сайтів підприємств-виробників даних приладів і обладнання та офіційних представників цих підприємств в Україні, а також з інших офіційних джерел інформації. Крім того, можна використати інформацію щодо переліку методів вимірювань, приладів (засобів вимірвальної техніки) і обладнання, які використовуються для визначення показників якості води у Науково-експертному центрі моніторингу навколишнього середовища у складі науково-дослідної частини Одеського державного екологічного університету (http://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/Svidotstvo_2016.pdf), який сертифікований на виконання таких вимірювань з 2016 р. (Свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 № 04-0045/2016 від 30.12.2016 р.).

Підготовку переліку методів вимірювань, приладів та обладнання здійснити для наступних основних показників якості води (згідно з [10]): сума іонів (або мінералізація), мг/дм³; хлориди, мг/дм³; сульфати, мг/дм³; завислі речовини, мг/дм³; прозорість, м; рН води, од. рН; азот амонійний, мгN/дм³; азот нітритний, мгN/дм³; азот нітратний, мгN/дм³; фосфор фосфатів, мгP/дм³; розчинений кисень, мгO₂/дм³; розчинений кисень, % насичення; біхроматна окиснюваність (або ХСК – хімічне споживання кисню), мгO/дм³; БСК₅, мгO₂/дм³; ртуть, мкг/дм³; кадмій, мкг/дм³; мідь, мкг/дм³; цинк, мкг/дм³; свинець, мкг/дм³; хром (загальний), мкг/дм³; нікель, мкг/дм³; миш'як, мкг/дм³; залізо (загальне), мкг/дм³; марганець, мкг/дм³; фториди, мкг/дм³; нафтопродукти, мкг/дм³; феноли (леткі), мкг/дм³; СПАР, мкг/дм³; сумарна бета-активність, 10⁻¹² Ку/дм³; ⁹⁰Sr, 10⁻¹² Ку/дм³; ¹³⁷Cs, 10⁻¹² Ку/дм³.

Зразок оформлення результатів виконання індивідуального завдання (на прикладі п'яти показників) представлений в табл. 3.1 та на рис. 3.1-3.5.

Таблиця 3.1 – Перелік методик вимірювання, приладів та обладнання для визначення показників якості води **(приклад оформлення)**

Показник	Діапазон вимірювання (згідно з [10])	Методика виконання вимірювання	Засіб вимірювальної техніки, випробувальне обладнання	Примітки
Мінералізація (сухий залишок)	від <0,5 до >40,0 г/дм ³	Кондуктометр лабораторний МР 513. Інструкція по експлуатації, пункт II. Измерение проводимости	Кондуктометр лабораторний МР 513	Рис. 3.1
Азот амонійний	від <0,1 до >2,5 мгN/дм ³	ISO 11905-2. Якість води. Визначення вмісту азоту. Частина 2	Аналізатор азоту в воді «ТОПАЗ N»	Рис. 3.2
Розчинений кисень	від <4,0 до >8,0 мгО ₂ /дм ³	Кислородомер АЖА-101МА. Руководство по эксплуатации. Пункт 4.7. Порядок проведения измерений	Киснемір АЖА-101МА	Рис. 3.3
Ртуть	від <0,02 до >2,5 мкг/дм ³	ПНД Ф 13.2:3.51-06. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов мышьяка и ртути в пробах воды питьевой, минеральной питьевой, природной и сточной методом инверсионной вольтамперометрии	Аналізатор вольтамперометричний АКВ-07 МК	Рис. 3.4
¹³⁷ Cs	від <1,2·10 ⁻¹³ до >1,5·10 ⁻⁹ Ки/дм ³	МВИ.МН 1181-2011. Методика выполнения измерений объемной и удельной активности стронция-90, цезия-137 и калия-40 на гамма-бета-спектрометре МКС-АТ1315	Гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315	Рис. 3.5



Рис. 3.1 – Кондуктометр лабораторний МР 513



Рис. 3.2 – Аналізатор азоту в воді «ТОПАЗ N»



Рис. 3.3 – Киснемір АЖА-101МА



Рис. 3.4 – Аналізатор вольтамперометричний АКВ-07 МК



Рис. 3.5 – Гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315

**Запитання для самоперевірки засвоєння змісту тем (базових знань)
практичних робіт № 1 і 2 та індивідуального завдання**

1. Що таке водообмін заплавлених водойм?
2. Як визначається коефіцієнт водообміну озера?
3. З використанням яких величин визначають гідравлічний опір протоки?
4. Який показник використовують для якісної оцінки інтенсивності водообміну?
5. Як визначається коефіцієнт водовідновлення озера?
6. Як можна підсилити зовнішній водообмін озера для поліпшення його екологічних умов?
7. Скільки діб має тривати період водообміну для благополучних озер?
8. Як визначається загальний обсяг штучних водойм у басейні річки згідно статті 82 Водного кодексу України?
9. Яке співвідношення між середніми багаторічними об'ємами побутового та природного стоку річки Великий Куяльник?
10. Яке співвідношення між фактичним об'ємом існуючих штучних водойм та об'ємом граничнодопустимого регулювання стоку річки Великий Куяльник штучними водоймами?
11. Яким чином можна змінити форму існуючих штучних водойм, створених у руслах річок і балок, для зменшення втрат води на випаровування з водної поверхні?
12. Як має змінитися площа поверхні води після зміни конфігурації (типу) звичайної (традиційної) штучної водойми (ставок, водосховище) на водойму (русло) у вигляді правильного слабковигнутого меандру?
13. Назвіть складові рівняння водного балансу Куяльницького лиману.
14. В якому діапазоні необхідно підтримувати мінералізацію води для забезпечення «доброго екологічного стану» Куяльницького лиману?
15. На який період може бути рекомендовано поповнення об'єму Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки (трубопроводом «море-лиман»)?
16. Які прилади можуть бути використані для визначення мінералізації води, вмісту у воді розчиненого кисню, ртуті, азоту амонійного тощо?
17. За якою методикою може бути виконана екологічна оцінка якості поверхневих вод?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тимченко В. М. Экологическая гидрология водоемов Украины: моногр. К.: Наук. думка, 2006. 384 с. URL: <https://sites.google.com/site/ecohydrologyinukraine/home/osnovnye-ponatia> (дата звернення: 06.05.2019 р.).
2. Іваненко О. Г., Белов В. В., Гриб О. М. Практична гідроекологія: навч. посіб. Од. держ. екол. ун-т. Одеса: ТЕС, 2009. 75 с. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/628/> (дата звернення: 06.05.2019 р.).
3. Белов В. В., Гриб О. М., Килимник О. М. Сучасний гідроекологічний стан гирлово-плавневої системи річки Дністер та перспективи його поліпшення // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2010. Т.18. С.180-186. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/2176/> (дата звернення: 06.05.2019 р.).
4. Гриб О. М. Практикум з інженерної гідрометрії та техніки безпеки: навч. посіб. Од. держ. екол. ун-т. Харків: ФОП Панов А. М., 2017. 68 с. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/634/> (дата звернення: 06.05.2019 р.).
5. Гриб О. М. Антропогенний вплив на водні екосистеми: конспект лекцій / Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2018. 194 с. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/359> (дата звернення: 06.05.2019 р.).
6. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: моногр. / За ред. Лободи Н. С., Гопченка Є. Д. Од. держ. екол. ун-т. Одеса: ТЕС, 2016. 332 с. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/648/> (дата звернення: 06.05.2019 р.).
7. Лобода Н. С., Гриб О. М. Гідроекологічні проблеми Куяльницького лиману та шляхи їх вирішення // Гідробіологічний журнал. 2017. №4. Т.53. С.95-104. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/944/> (дата звернення: 06.05.2019 р.).
8. Loboda N. S., Gryb O. M. Hydroecological Problems of the Kuyalnyk Liman and Ways of Their Solution // Hydrobiological Journal. 2017. № 53 (6). P. 87-95. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/3616/> (дата звернення: 06.05.2019 р.).
9. Гриб О. М., Белов В. В., Отченаш Н. Д. Оцінка, прогнозування та управління якістю водних ресурсів: конспект лекцій. Одеса: Од. держ. екол. ун-т., 2015. 121 с. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/349/> (дата звернення: 06.05.2019 р.).
10. 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.

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ
З ДИСЦИПЛІНИ
«АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ»

Спеціальність 101 «Екологія» (*усі спеціалізації*)

Укладач: **Гриб Олег Миколайович**, к. геогр. н., доц.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15
