

УДК 556.18+556.55
КП ХХХХХХ
№ держреєстрації 0111U010351
Інв. №

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Одеський державний екологічний університет
(ОДЕКУ)
65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15
тел. (0482) 63-62-09

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з НР ОДЕКУ
_____ Ю.С. Тучковенко
2011.12.15

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
ОЦІНКА ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ
ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ ВІД С. ЄГОРОВКА ДО С. АЛТЕСТОВЕ
ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ПОЛІПШЕННЮ ВОДНОГО РЕЖИМУ
ТА ВІДНОВЛЕННЮ ЇЇ БІОЛОГІЧНИХ РЕСУРСІВ
(заключний)

Керівник НДР
д. геогр. н., проф.

2011.12.12

Н.С. Лобода

2011

Рукопис закінчено 12 грудня 2011 р.
Результати цієї роботи розглянуто Науково-технічною радою ОДЕКУ
протокол від 2011.12.15 № 4

СПИСОК АВТОРІВ

- Науковий керівник,
провідний науковий співробітник,
доктор географічних наук,
професор
Відповідальний виконавець,
старший науковий співробітник,
кандидат географічних наук,
доцент
- Провідний науковий співробітник,
доктор географічних наук,
професор
Провідний науковий співробітник,
доктор географічних наук,
професор, академік АН ВШ
Старший науковий співробітник,
кандидат географічних наук,
доцент
Старший науковий співробітник,
кандидат географічних наук,
доцент
Старший науковий співробітник,
кандидат біологічних наук,
доцент
Старший науковий співробітник,
кандидат біологічних наук
- Старший науковий співробітник,
кандидат географічних наук
- Науковий співробітник
- Молодший науковий співробітник
- Н. Лобода
2011.12.12 (реферат, вступ, розд. 3,
висновки)
- О. Гриб
2011.12.12 (перелік умовних позначень,
символів одиниць, скорочень і
термінів, розд. 1.2.2, 2.1,
перелік посилань, додаток А)
- Ю. Тучковенко
2011.12.12 (розд. 6)
- Є. Гопченко
2011.12.12 (розд. 2.2)
- М. Сербов
2011.12.12 (розд. 2.1, рис. 2.17-2.20)
- Є. Бояринцев
2011.12.12 (розд. 2.1, рис. 2.13-2.16)
- В. Белов
2011.12.12 (розд. 2.1, рис. 2.1-2.4)
- П. Шекк
2011.12.12 (розд. 1.3.1, 1.4, 5)
- О. Килимник
2011.12.12 (розд. 1.5, 4)
- І. Башмакова
2011.12.12 (розд. 1.1.5, розд. 3.16)
- П. Терновий
2011.12.12 (розд. 2.1, рис. 2.5-2.8)
- К. Гриб
2011.12.12 (розд. 1.3.2,
хімічний аналіз води)

Молодший науковий співробітник	О. Тучковенко 2011.12.12 (підготовка вихідних даних для гідродинамічного моделювання течій)
Молодший науковий співробітник	Я. Яров 2011.12.12 (розд. 7)
Молодший науковий співробітник	В. Гельман 2011.12.12 (підготовка приладів та обладнання для визначення фізико-хімічних характеристик водойм)
Молодший науковий співробітник	А. Куза (<i>Сіренко</i>) 2011.12.12 (розд. 1.3.1, додаток Б)
Молодший науковий співробітник	В. Пилип'юк 2011.12.12 (розд. 2.1, рис. 2.9-2.12)
Молодший науковий співробітник	Ю. Божок 2011.12.12 (розд. 1.1.1-1.1.4, 1.16, додаток В)
Провідний інженер	І. Пислиця 2011.12.12 (підготовка даних для оцінки гідроекологічного режиму та рибних ресурсів водойм)
Нормоконтролер	С. Малацковська

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 263 с., 84 рис., 49 табл., 175 джерел, 3 додатки.

Об'єкт дослідження – екосистема верхньої частини Хаджибейського лиману, включаючи його Палійовську затоку, водойми гирлової ділянки та водозбірний басейн р. Свинна.

Мета роботи – оцінити сучасний гідроекологічний стан верхньої частини Хаджибейського лиману від с. Єгоровка до с. Алтестове з виконанням комплексу гідрографічних, гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних робіт, з метою розробки рекомендацій по поліпшенню водного режиму та відновленню її біологічних ресурсів.

Методи дослідження – натурні дослідження гідроекологічного стану водойм та оцінка природних та антропогенних чинників, які впливають на їх водно-сольовий режим; обробка картографічного матеріалу, супутникових знімків верхньої частини Хаджибейського лиману, включаючи його Палійовську затоку, водойми гирлової ділянки та водозбірний басейн річки Свинна; математичне моделювання річкового припливу води до штучної рибогосподарської водойми в верхній частині лиману в природних умовах та при водогосподарських перетвореннях і глобальному потеплінні; гідравлічні характеристики водообміну, гідродинамічне моделювання течій, водно-сольового режиму; гідрохімічні та гідробіологічні методи оцінки рибних ресурсів, якості води й екологічного стану водойм, для розробки рекомендацій щодо заходів, спрямованих на поліпшення водного режиму та відновлення гідроекологічного стану верхньої частини Хаджибейського лиману між с. Єгоровка та с. Алтестове за рахунок поновлення водообміну з основною акваторією водойми та річкового стоку.

Результати і новизна – вперше оцінені сучасні гідравліко-морфометричні характеристики водообміну між Палійовською затокою Хаджибейського лиману та штучними водоймами гирлової ділянки річки Свинна; визначені характеристики стоку для різних за водністю періодів цієї річки та їх зміни при водогосподарських перетвореннях і умовах глобального потепління; визначені гідравлічні характеристики водообміну, гідродинамічне моделювання течій і водно-сольового режиму в умовах 2011 року; оцінені рибні ресурси водойм та перспективи їх відновлення; визначені якість води й екологічний стан Палійовської затоки та штучних водойм гирлової ділянки річки Свинна за даними гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних досліджень ОДЕКУ, здійснених в 2011 році, на основі яких розроблені рекомендації щодо заходів, спрямованих на поліпшення водного режиму та відновлення гідроекологічного стану верхньої частини Хаджибейського лиману між с. Єгоровка та с. Алтестове за рахунок водообміну з основною акваторією водойми та річкового стоку.

Основні конструкторські, технологічні і техніко-експлуатаційні характеристики і показники – сучасні гідравліко-морфометричні характеристики верхньої частини Хаджибейського лиману та штучних водойм гирлової ділянки річки Свинна; характеристики стоку для різних за водністю періодів цієї річки та їх зміни при водогосподарських перетвореннях і умовах глобального потепління; результати визначення гідравлічних характеристик водообміну, гідродинамічного моделювання течій і водно-сольового режиму; сучасні та потенціальні рибні ресурси водойм та рекомендації по їх відновленню; результати комплексної оцінки якості води й екологічний стану Палійовської затоки та штучних водойм гирлової ділянки річки Свинна в 2011 році за даними гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних досліджень, науково-обґрунтовані рекомендації щодо заходів, спрямованих на поліпшення водного режиму та відновлення гідроекологічного стану верхньої частини Хаджибейського лиману між с. Єгорівка та с. Алтестове за рахунок водообміну з основною акваторією водойми та річкового стоку.

Ступінь впровадження – отримані результати, у вигляді оцінених гідравліко-морфометричних (об'єми та площі водної поверхні ставків і водосховищ, характеристики водопропускних споруд тощо) та гідродинамічних характеристик водообміну водойм, результатів математичного моделювання річкового припливу води до штучної рибогосподарської водойми в верхній частині Хаджибейського лиману в природних умовах та при водогосподарських перетвореннях і глобальному потеплінні, даних дослідження гідробіологічних та гідрохімічних показників водойм, науково-обґрунтованих рекомендацій щодо здійснення заходів, спрямованих на поліпшення водного режиму та відновлення гідроекологічного стану верхньої частини Хаджибейського лиману між с. Єгорівка та с. Алтестове за рахунок поновлення водообміну з основною акваторією водойми та річкового стоку води з водозбору лиману, будуть надані Державному управлінню з охорони навколишнього природного середовища в Одеській області (м. Одеса), в Регіональний дослідно-експериментальний комплекс (с. Паліївка) та замовнику – Управлінню освіти і науки Одеської обласної державної адміністрації (м. Одеса) для визначення необхідних заходів, спрямованих на забезпечення задовільного гідроекологічного стану водних об'єктів верхньої частини Хаджибейського лиману та річки Свинна.

Зв'язок з іншими роботами – науково-дослідні роботи Одеського державного екологічного університету в галузі розрахунків і оцінки екосистем природних та штучних водойм.

Рекомендації по використанню результатів роботи – здійснення заходів рекомендованих в роботі дозволить відновити екологічно задовільний водно-сольовий режим та гідроекологічний стан верхньої частини Хаджибейського лиману між с. Єгорівка та с. Алтестове та штучних водойм гирлової ділянки річки Свинна.

Галузь використання – охорона навколишнього природного середовища, водне господарство, сільське господарство, рибне господарство, рекреація та туризм й ін.

Значущість роботи і висновки – результати досліджень, методики та моделі, наведені в роботі, дають можливість здійснити заходи по відновленню та підтриманню екологічно задовільного водно-сольового режиму верхньої частини Хаджибейського лиману шляхом упорядкування регулювання стоку річки Свинна та відновлення водообміну лиману та штучної рибогосподарської водойми Регіонального дослідно-експериментального комплексу (с. Паліївка).

Пропозиції щодо подальшого розвитку дослідження – врахування результатів роботи та продовження досліджень у наступні роки сумісно з співробітниками інших наукових і виробничих установ, обласною та районними адміністраціями, Одеською обласною радою, а також врахування деяких рекомендацій в регіональній програмі «Збереження малих річок Одещини» та державній програмі «Збалансованого розвитку території навколо Куяльницького, Хаджибейського, Дофінівського та Григорівського лиманів Одеської області» як в процесі їх розроблення, так і при виконанні.

РІЧКОВИЙ СТІК, ВОДООБМІН, ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН, ГІДРАВЛІКО-МОРФОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, СОЛОНІСТЬ, РИБНІ РЕСУРСИ

ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	10
ВСТУП.....	14
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ І ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ЕКОСИСТЕМИ РІЧКИ СВИННА ТА ПАЛІЙОВСЬКОЇ ЗАТОКИ ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ	16
1.1 Фізико-географічна характеристика водозбору річки Свинна	16
1.1.1 <i>Характеристика рельєфу місцевості</i>	17
1.1.2 <i>Рослинний покрив та ґрунти</i>	17
1.1.3 <i>Ландшафти басейну</i>	20
1.1.4 <i>Геологічна будова та гідрогеологічні умови</i>	21
1.1.5 <i>Кліматичні умови</i>	22
1.1.6 <i>Гідрографічна характеристика та гідрологічна вивченість</i>	22
1.2 Характеристика господарської діяльності та водогосподарські перетворення в басейні річки	26
1.2.1 <i>Загальна характеристика водогосподарської діяльності на водозбірному басейні р. Свинна</i>	26
1.2.2 <i>Водогосподарські перетворення в басейні р. Свинна</i>	27
1.3 Гідролого-гідрохімічна характеристика верхньої частини лиману та штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна.....	32
1.3.1 <i>Загальна гідролого-гідрохімічна характеристика Палійовської затоки та штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна</i>	33
1.3.2 <i>Хімічний склад води штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна, Палійовської затоки та Хаджибейського лиману в 2011 р.</i>	35
1.4 Гідробіологічний режим та характеристика кормової бази риб.....	48
1.5 Загальна характеристика біологічних ресурсів	50
1.5.1 <i>Флористична характеристика басейну лиману</i>	51
1.5.2 <i>Загальна ентомологічна характеристика басейну лиману</i>	52
1.5.3 <i>Загальна гідробіологічна характеристика водойми</i>	52
2 ГІДРАВЛІКО-МОРФОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДООБМІНУ ТА ВОДНО-СОЛЬОВОГО РЕЖИМУ ВОДОЙМ.....	54
2.1 Сучасні батиметричні карти, об'єми та площі водної поверхні водойм ...	56
2.1.1 <i>Характеристика водопропускної споруди між ШВ № 1 та ПЗ</i>	68
2.1.2 <i>Характеристика каналу між ШВ № 2 та № 1</i>	68
2.2 Оцінка гідравлічних характеристик водно-сольового режиму водойм.....	71
2.2.1 <i>Мінералізація та рівні води водойм</i>	71
2.2.2 <i>Оцінка пропускної здатності водопропускних споруд</i>	72

3	ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКУ РІЧКИ СВИННА	74
3.1	Визначення характеристик природного річного стоку за моделлю «клімат-стік».....	75
3.1.1	<i>Теоретичні засади визначення річного стоку за метеорологічними даними</i>	76
3.1.2	<i>Просторово-часові узагальнення природного річного стоку, визначеного за метеорологічними даними</i>	79
3.1.3	<i>Визначення характеристик природного річного стоку р. Свинна .</i>	85
3.1.4	<i>Теоретичні засади визначення побутового стоку за моделлю «клімат-стік».....</i>	86
3.1.5	<i>Визначення характеристик побутового річного стоку р. Свинна .</i>	90
3.1.6	<i>Вплив змін клімату на стік р. Свинна.....</i>	94
3.2	Визначення характеристик мінімального стоку річки Свинна	99
3.3	Визначення характеристик максимального стоку р. Свинна.....	103
3.3.1	<i>Методика розрахунку характеристик максимального стоку.....</i>	103
3.3.2	<i>Розрахунок характеристик максимального стоку р. Свинна.....</i>	110
3.4	Внутрішньорічний розподіл стоку р. Свинна.....	111
4	БІОМОНІТОРИНГ, СКЛАД ТА ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ІНДИКАТОРНОГО ТАКСОЦЕНУ <i>DIPTERA</i> ВОДОЙМ ГИРЛОВОЇ ДІЛЯНКИ РІЧКИ СВИННА, ПАЛІЙОВСЬКОЇ ЗАТОКИ ТА ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ	113
4.1	Критерії розбудови біомоніторингу водойм гідроекосистеми верхньої частини Хаджибейського лиману	113
4.2	Видовий склад таксоцену <i>Diptera</i> досліджених водойм	122
4.3	Характеристика таксоцену <i>Diptera</i> досліджених водойм.....	133
4.3.1	<i>Структура таксоцену Diptera за типами ареалів.....</i>	133
4.3.2	<i>Загальна характеристика таксоцену Diptera за галобністю</i>	137
4.3.3	<i>Загальна характеристика таксоцену Diptera за структурою життєвих форм, приуроченістю до типу трунтів і типу гідротопів..</i>	141
4.4	Оцінка стану водойм за розподілом та особливостями складу таксоцену <i>Diptera</i>	144
5	СУЧАСНИЙ СТАН ІХТІОФАУНИ ВОДОЙМ ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ПОДАЛЬШОГО РИБОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ	156
5.1	Оцінка складу іхтіофауни та рибної продукції Хаджибейського лиману, Палійовської затоки і штучних водойм гирлової ділянки річки Свинна.....	157
5.2	Акліматизація далекосхідної кефалі піленгаса в Хаджибейському лимані та рибогосподарських водоймах гирлово-плавневої ділянки р. Свинна	163
5.3	Улови та стан запасів основних промислових риб водойм.....	170
5.4	Біологічна характеристика основних промислових видів риб водойм....	173
5.5	Перспективи рибогосподарського використання водойм	174

6	ОЦІНКА ВПЛИВУ ВОДООБМІНУ З ПАЛІЙОВСЬКОЮ ЗАТОВОЮ НА ГІДРОЕКОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ ВІДОКРЕМЛЕНИХ ШТУЧНИХ ВОДОЙМ	177
6.1	Опис математичної структури гідродинамічної моделі	177
6.2	Метод рішення гідродинамічної задачі	180
6.3	Параметризації	182
6.4	Граничні та початкові умови	183
6.5	Постановка задачі, вихідні данні та умови модельних розрахунків	184
6.6	Обговорення результатів модельних розрахунків.....	190
7	ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА ЯКОСТІ ВОДИ ВОДОЙМ ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ	203
7.1	Екологічна оцінка якості води водойм за відповідними категоріями.....	203
7.2	Оцінка якості води за методом Гідрохімічного інституту	211
	ВИСНОВКИ.....	226
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	235
	Додаток А Журнали технічного нівелювання.....	247
	Додаток Б Графіки хронологічного ходу температур повітря	256
	Додаток В Графіки хронологічного ходу сум атмосферних опадів	259

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- NH_4^+ – азот амонійний
 NO_3^- – азот нітратний, нітрати
 NO_2^- – азот нітратний, нітрити
 HCO_3^- – гідрокарбонат-іони, гідрокарбонати
 Ca^{2+} – іони кальцію, кальцій
 Mg^{2+} – іони магнію, магній
 $Na^+ + K^+$ – іони натрію та калію, «натрій плюс калій»
 SO_4^{2-} – сульфат-іони, сульфати
 Cl^- – хлорид-іони, хлориди
% – відсоток (процент), відсотки (проценти)
‰ – солоність води в проміле
BBI – Belgian Biotic Index
BMWP – Biological Monitoring Working Party Index
DPSIR – driving force-pressure-state-impact-response
DSFI – Danish Stream Fauna Index
DSR – drivingforce-slale-response
eh – евригалоб
Eu – європейський
Eus – південно-європейський
F. – Fallen
FBI – Family Biotic Index
 $Fe_{заг}$ – залізо загальне
G – галобність
hl – галофіт
i – індиферент
Kt – космополітичний
L. – Linnaeus
mh – мезогалоб
mt – середземноморський
oh – олігогалоб
oh-mh – оліго-мезогалоб
°C – температура в градусах Цельсія
PSR – pressure-siale-response
Pt – палеарктичні
Pts – південно-пале-арктичний

S – солоність води
 st – стоячі води
 st-str – рухомі води
 TBI – Trent Biotic Index
 WGS – Word geodesic system (Світова геодезична система)
 α – мінералізація води
 A – аргілофіл
 АН СРСР – Академія наук Союзу радянських соціалістичних республік
 б. – балка
 БС – Балтійська система висот
 БСК – біохімічне (біологічне) споживання кисню
 В – бентобіонт
 В-Ер – бенто-епіфіт
 вдсх – водосховище, водосховища
 ВО – водний об'єкт, водні об'єкти
 водпост, в/п., в/п – водомірний пост
 г – грам, грами
 Г – тип ґрунтів
 га – гектар, гектари
 ГДК – граничнодопустима концентрація
 ГДК_{р-г} – рибогосподарський норматив ГДК
 ГМО – гідрометеорологічна обсерваторія
 ГМЦ ЧАМ ДГМС МНС України – Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів Державної гідрометеорологічної служби Міністерства надзвичайних ситуацій України
 год – година, години
 ГХІ – Гідрохімічний інститут (м. Ростов на Дону, Росія)
 ГХЛ УЕКБ – Гідрохімічна лабораторія Управління екологічної безпеки
 ГХС – гідрохімічна станція (місце відбору проби на хімічний аналіз води)
 д – доба, діб
 ДВЕРО – Дирекції виробничо-дослідних експериментальних риборозплідних об'єктів
 дм – дециметр, дециметри
 еє – евриедафобіонт
 екз. – екземпляр, екземпляри
 Ер – епіфіт
 ЕТО – *Ephemeroptera* + *Trichoptera* + *Odonata*
 ЄС – Європейський союз
 ЖФ – тип життєвої форми
 ЗР – завислі речовини
 і-oh – індіферент-олігогалоб

ін. – інші
 кг – кілограм, кілограми
 КІЗ – комбінаторний індекс забрудненості
 кл. – клітина, клітини
 км – кілометр, кілометри
 л – літр, літри
Л – лужність води
 лим. – лиман
 ЛОЗ – лімітуюча ознака забруднення
 люд. – людина, люди
 м – метр, метри
 м абс. – відмітка поверхні в метрах абсолютної системи висот
 м БС – відмітка поверхні в метрах Балтійської системи висот
 м ум. – відмітка поверхні в метрах умовної системи висот
 м. – місто
 М. Куяльник – Малий Куяльник
 м/п. – метеорологічний пост
 м/ст. – метеорологічна станція
 мг – міліграм, міліграми
 МДж – мегаджоуль, мегаджоулі
 млн. – мільйон, мільйони
 мм – міліметр, міліметри
 На – голарктичні
 НДР – науково-дослідна робота
 НП – нафтопродукти
*O*₂ – кисень (кисиген)
 ОДЕКУ – Одеський державний екологічний університет
 Одесарибвод – Одеське обласне управління рибних ресурсів
 Одесарибгосп – Одеське обласне управління рибного господарства
 ОФ ІБПМ – Одеська філія Інституту біології південних морів
 пел – пелофіл
 пел-пс – пело-псамофіл
 ПЗ – Палійовська затока
 ПКІЗ – питомий комбінаторний індекс забруднення
 пс – псамофіл
 пс-А – псамо-аргілофіл
 пс-пт – псамо-петрофіл
 р. – річка, рік
 РДЕК – Регіональний дослідно-експериментальний комплекс в гирлі р. Свинна
 рр. – річки, роки
 РФ – рухомість вод

с – секунда, секунди

с. – селище, село

С. Куяльник – Середній Куяльник

СБО – станція біологічної очистки

см – сантиметр, сантиметри

сmt – селище міського типу

ст. – століття, сторіччя

T – твердість води

т – тонна, тонни

т. п. – тому подібний (подібні)

ТБ – тип біотопу

тис. – тисяча, тисячі

УТМР – Українське товариство мисливців і рибалок

ШВ – штучна водойма, штучні водойми

ШРГВ – штучна рибогосподарська водойма РДЕК

шт. – штука, штуки

ВСТУП

Хаджибейський лиман є однією з найбільших водойм в групі закритих лиманів північно-західного узбережжя Чорного моря. Однак верхня частина гідроекосистеми цієї водойми (від с. Єгорівка до с. Алтестове) у останні 10 років знаходилася у критичному екологічному стані – обміління та пересихання, масове «цвітіння» планктонних водоростей з подальшою деструкцією їхньої біомаси, яка супроводжується значними смородом, загибеллю та вимиранням риби тощо. Це робить нестерпним життя людей в верхів'ях лиману в населених пунктах Єгорівка, Болгарка, Отрадове, Хоминка та Паліївка, де проживає близько 10 тис. людей, тому виконання наукових досліджень для розробки рекомендацій по поліпшенню екологічного стану верхньої частини Хаджибейського лиману на сьогодні є вкрай актуальною задачею. Головними причинами сучасного екологічного стану цієї частини гідроекосистеми лиману є припинення водообміну з основною акваторією водойми дамбою між с. Паліївка та с. Алтестове, а також відсутність річкового припливу води з водозбірного басейну лиману за рахунок регулювання стоку річок і балок значною кількістю ставків, копаней і водосховищ (більше 10 шт.).

Такий інтенсивний антропогенний вплив на водні об'єкти верхньої частини лиману (в басейні р. Свинна) призвів в останні десятиріччя до змін гідрохімічного режиму в бік значного осолонення водойм, при цьому мінералізація води вже у 2002 р. становила 9,25 г/дм³, а прогресуюче осолонення деяких водойм досягало 68,25 %. При такому водно-сольовому режимі водойм однозначно змінюється склад їх біоти. Тому біота водної екосистеми верхньої частини Хаджибейського лиману вимагає ґрунтовної ревізії, як для оцінки господарської цінності водойм, так і для організації екологічного контролю їх стану, де невід'ємною і необхідною складовою є гідроекологічний моніторинг. Отже, пріоритетним напрямком стає цілеспрямована екологічна реабілітація гідроекосистеми верхньої частини Хаджибейського лиману – Палійовської затоки та гирлових водойм р. Свинна.

Відповідно до прийнятої у 2000 р. Європейським Союзом (ЄС) Рамкової водної директиви контроль за станом якості поверхневих вод є необхідним для прийняття ефективних управлінських рішень щодо водних ресурсів. Ці рішення повинні базуватись на науково-обґрунтованих оцінках поточного екологічного стану та визначенні основних тенденцій у зміні якості водних ресурсів. В останні роки, системи моніторингу поверхневих вод, як в ЄС, так і в інших країнах світу зазнали істотних змін. Основа цих змін – перехід від суто хімічного контролю якості води на оцінку екологічного стану водойм з урахуванням біологічних показників, засновану на системі біоіндикації.

Біоіндикація (біологічний контроль) – це оцінка стану водойм з використанням біологічних властивостей та вимірювань резидентної біоти.

Основною причиною переходу на біологічний контроль є той факт, що спільноти водних організмів відображають сукупний вплив факторів середовища на якість поверхневих вод і він є відносно недорогим порівняно з хімічним контролем. Вищесказаним визначається одна з цілей даної роботи – це оцінка поточного стану і створення бази гідробіологічного моніторингу для подальшого контролю ходу екологічної реабілітації водойм верхньої частини Хаджибейського лиману. Для її досягнення в роботі визначені концептуальні підходи до розбудови методології моніторингу та вибрані індикаторні таксони для оцінки стану водного середовища та його динаміки у часі.

Таким чином, головною метою цієї науково-дослідної роботи була оцінка сучасного гідроекологічного стану верхньої частини Хаджибейського лиману від с. Єгорівка до с. Алтестове з виконанням комплексу гідрографічних, гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних досліджень, з метою розробки рекомендацій по поліпшенню водного режиму, відновленню її біологічних ресурсів та поліпшенню екологічного стану.

Для досягнення мети роботи були виконані наступні основні завдання:

1) оцінені природні та антропогенні чинники (гідрологічні, гідрохімічні та гідробіологічні), які формують сучасний гідроекологічний режим водойм;

2) обчислені природні водні ресурси та їх зміни при водогосподарських перетвореннях і умовах глобального потепління;

3) визначені гідравліко-морфометричні та гідродинамічні характеристики водообміну й водно-сольового режиму водойм;

4) виконані розрахунки водообміну Палійовської затоки та штучних водойм гирлової ділянки річки Свинна при сучасних умовах та оптимальних, при яких підтримувався б сприятливий екологічний стан водойми (на основі гідравлічних розрахунків та гідродинамічного моделювання);

5) сформульовані висновки та рекомендації щодо здійснення заходів, спрямованих на поліпшення водного режиму та відновлення гідроекологічного стану верхньої частини Хаджибейського лиману між с. Єгорівка та с. Алтестове, у тому числі його Палійовської затоки та водойм гирлової ділянки р. Свинна, за рахунок поновлення водообміну з основною акваторією водойми та річкового стоку води з водозбору лиману.

Робота виконувалась на замовлення Управління освіти і науки Одеської обласної державної адміністрації за рахунок коштів з обласного фонду охорони навколишнього природного середовища в 2011 році.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ І ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ЕКОСИСТЕМИ РІЧКИ СВИННА ТА ПАЛІЙОВСЬКОЇ ЗАТОКИ ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ

Хаджибейський лиман є однією з найбільших водойм Північно-Західного Причорномор'я. Його притоками є рр.. Малий Куяльник та Свинна. Остання впадає у верхню частину Хаджибейського лиману – його Палійовську затоку, на ділянці с. Алтестове (рис. 1.1).

Відповідно до фізико-географічного районування екосистема лиману та річок його басейну розташована на території Одеської рівнини, в межах Одеського приморського району південної степової підзони [1].

1.1 Фізико-географічна характеристика водозбору річки Свинна

Річка Свинна належить до басейну Хаджибейського лиману і є його притокою 1-го порядку. Басейн річки розташований в межах Причорноморської зони. Протікає по території Одеської області (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Географічне положення басейну р. Свинна [2]:

— — — — межі водозбірного басейну річки

1.1.1 Характеристика рельєфу місцевості

За витік річки прийнята точка земної поверхні з відміткою 185 м абс., розташована в 2 км на північний схід від с. Петровське [3].

Басейн річки розташовується в межах Причорноморської низовини, Причорноморської акумулятивної лесової рівнини.

Абсолютні відмітки поверхні складають 3-185 м БС, а її загальний ухил спрямований на південний схід. Густота розчленування становить 0,26 км/км², глибина ерозійного врізу – до 20 м (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Карта-схема розчленованості рельєфу басейну р. Свинна [2]:

— — — — межі водозбірного басейну річки

1.1.2 Рослинний покрив та ґрунти

В системі геоботанічного районування басейн розташований у межах Приазавсько-Чорноморської підпровінції, Причорноморської степової провінції, Євразійської степової області (рис. 1.3) [4].

Природна рослинність займає приблизно 23,4 % від загальної площі басейну, із них: 9,5 % – припадає на заплавні луки; 8,4 % – на ділянки степової рослинності; 5,0 % – на байрачні ліси з білої акації, дуба та клена; 0,4 % – на низові болота.

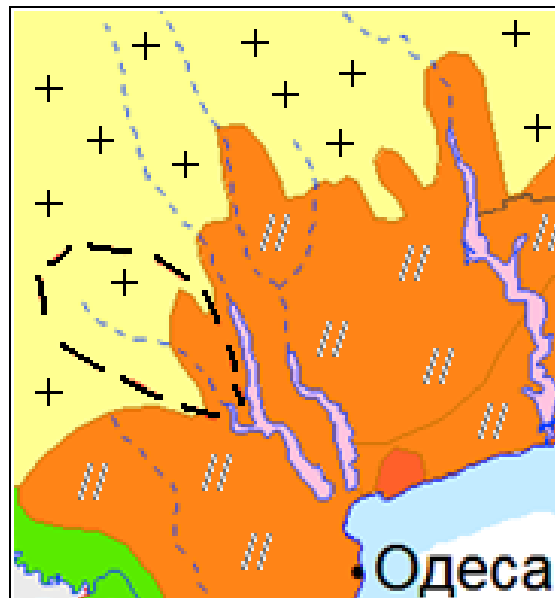
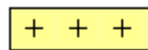


Рисунок 1.3 – Карта-схема рослинності басейну р. Свинна [2]:

— — — — межі водозбірного басейну річки;

БАГАТО-І РІЗНОТРАВНО-ТИПЧАКОВО-КОВИЛОВІ СТЕПИ



Сільськогосподарські угіддя на місці:
а) приазовсько-причорноморських;
б) донецько-середньодонських степів

ТИПЧАКОВО-КОВИЛОВІ СТЕПИ



Сільськогосподарські угіддя на місці цих степів:
а) північних;
б) південних

На території басейну трапляються рідкісні види рослин, які занесені до Червоної книги України, такі як пролісок звичайний, брандушка різнобарвна, гіацинт білуватий, адоніс весняний, шафран, ряст й ін. [3].

Для даної зони характерні лучно-чорноземні ґрунти та чорноземи звичайні середньо гумусні із важкосуглинковим механічним складом (рис. 1.4).

Басейн р. Свинна розташовується (згідно районування території України з потенційної небезпеки ерозійних процесів) у ерозійному районі Чорноморсько-Приазовської провінції сильно розвиненою вітровою ерозією ґрунтів.

Ступінь прояву ерозії – середня (48,3 % змитих ґрунтів). Вітроерозійний індекс 1-1,7 – середня вітрова ерозія.

Структура ґрунтового покриву обумовлена процесами ерозії.

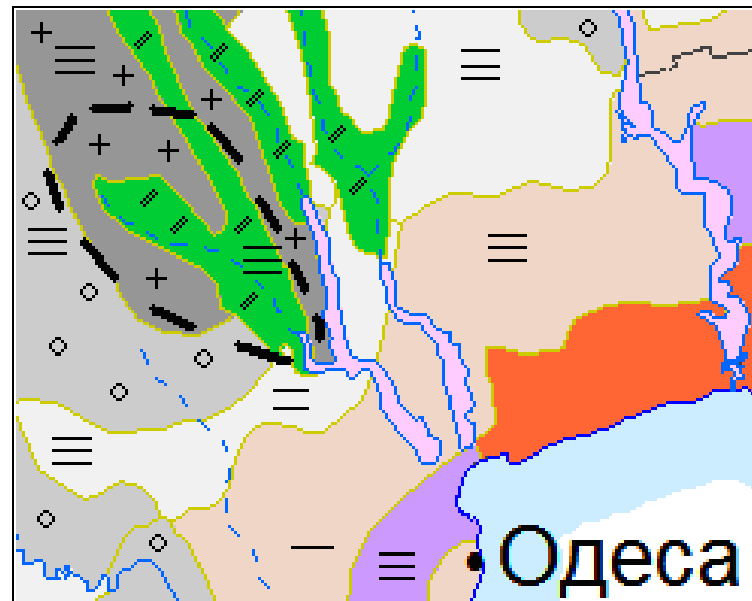


Рисунок 1.4 – Карта-схема ґрунтів басейну р. Свинна [2]:

— — — — межі водозбірного басейну річки;

ЛУЧНО-ЧОРНОЗЕМНІ ҐРУНТИ ПЕРЕВАЖНО НА ЛЕСОВИХ ПОРОДАХ



Лучно-чорноземні ґрунти

ЧОРНОЗЕМИ ЗВИЧАЙНІ (НЕЗМИТІ ТА ЗМИТІ) НА ЛЕСОВИХ ПОРОДАХ



Чорноземи звичайні глибокі мало- й середньогумусні



Чорноземи звичайні середньогумусні

МЕХАНІЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТІВ



Легкосуглинкові



Середньосуглинкові



Важкосуглинкові

Вплив ерозійних процесів виявляється:

1) у зменшенні потужності гумусного горизонту, запасів гумусу, валових і рухомих форм азоту, фосфору, калію та інших елементів живлення рослин;

2) у розпиленні структури, зменшенні кількості водостійких агрегатів, зменшенні водовбираючої і фільтраційної здатності, посиленні ґрунтової посухи [2].

1.1.3 Ландшафти басейну

В системі ландшафтного районування Україна басейн р Свинної розташований в межах таких по низхідному рангу таксономічних структур [4]:

- 1) степова зона;
- 2) південна степова підзона з Причорноморсько-Азовською південно-степовою провінцією, куди входить Дністровсько-Бузька область;
- 3) район вододільних рівнин, розчленованих балками, долиною річки з зсувними та ерозійними і флювіального схилами.

Провінція та область територіально збігаються між собою в межах кожної підзони.

Ландшафтний комплекс має такі теплові ресурси:

- 1) річний радіаційний баланс – 0,23 МДж/см²;
- 2) річна сума температур вище 10 °С – 3310;
- 3) річна кількість опадів – 457 мм;
- 4) співвідношення потоків тепла і вологи – 0,5;
- 5) коефіцієнт зволоження – 0,8.

Морфоструктурною основою ландшафтів Дністровсько-Бузької області в межах Причорноморської западини є (з півночі на південь):

- 1) пластові акумулятивно-денудаційні рівнини на відносно занурених плікативно-блокових структурах;
- 2) ерозійно-акумулятивна веєровидна гідрографічна мережа, сполучена з системою порушень мілкоблокових структур.

Переважаючі ландшафти Дністровсько-Бузької області представлені піднесеними еродованими рівнинами з зсувними балками і ярами, врізаними в товщу балтських і неогенових відкладень з чорноземами звичайними.

У результаті агрогенного освоєння території і гідротехнічного будівництва початковий ландшафт змінився:

- 1) природний степовий біогеоценоз, представлений різнотравно-типчачово-ковилковим степом змінився агрокультурно-злаково-лісовим;
- 2) у результаті оранки схилів відбувається процес змиву і розмиву ґрунтів в днищах долин балок, намив опадів і замулення русел;
- 3) будівництво ставків і водосховищ в долині річки сформували озерні і болотно-лугові ландшафти;
- 4) природні пасовища на місці лучно-чорноземних ґрунтів трансформуються під кормові угіддя і загони.

Індекс перетворенні ландшафтів області, куди входить басейн Хаджибейського лиману, становить 0,51-7,4 [3].

Ландшафтно-гідрологічні системи басейну річки представлені в табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Ландшафтно-гідрологічні системи басейну р. Свинна

Характеристика	Основна річка (р. Свинна)	Притоки довжиною більше 10 км		
		б. Свинна	б. Прорізна	б. Карпова
Довжина яро-балочної мережі, км	360	193	38	82
Густота розчленування поверхні, км/км ²				
Ярами і балками	0,447	0,48	0,46	0,56
Всією гідрографічною мережею	0,540	0,60	0,70	0,71
Глибина розчленування поверхні, м				
Середньозважена	60	70	70	60
Максимально можлива	150	150	130	120

1.1.4 Геологічна будова та гідрогеологічні умови

Басейн річки розташований в межах геологічної структури північно-західної частини Причорноморської западини.

В геологічній будові беруть участь архейські, протерозойські утворення та осадова товщі крейдяної, палеозойської, неогенової і четвертинної систем.

За гідрогеологічним районуванням р. Свинна відноситься до Причорноморського артезіанського басейну пластових вод. Тут поширені водоносні горизонти, пов'язані з відкладами неогену. Глибина залягання обводнених порід змінюється від 5-7 м до 50-75 м.

Води безнапірні або слабонапірні. На ділянках, де існують сприятливі умови живлення, підземні води неогену успішно використовуються для водопостачання.

У басейні р. Свинної поширений основний водоносний неогеновий горизонт з осадами сарматського ярусу, води в яких хлоридно-гідрокарбонатні натрієві та гідрокарбонатно-хлоридні натрієві [5].

Окрім неогенової системи водоносні горизонти приурочені до відкладів четвертинної, палеогенової та крейдяної систем.

Першим від поверхні регіональним водоупором є глини сарматського ярусу.

Місцевими водоупорами є:

- а) верхньопліоценові глини потужністю до 15 м, поширені на вододільному плато та його схилах і залягають на глибині від 2 м на схилах до 15 м на вододілах;
- б) просолі глин понтичних і меотичних відкладень з різною потужністю і залягаючих на різних гіпсометричних відмітках [3].

1.1.5 Кліматичні умови

Згідно з агрокліматичним районуванням України басейн р. Свинна відноситься для агрокліматичного району Південний степ [4].

Клімат басейну помірно-континентальний, теплий з тривалим літом і нестійкою зимою.

Середнє багаторічне значення температури повітря становить 9,2 °С, опадів – 495 мм, відносна вологість повітря – 74 %.

Зареєстровані максимальна і мінімальна температури повітря відповідно становлять 37 і мінус 29 °С. Число днів за рік з середньою добовою температурою повітря понад 15 °С становить 130-140, температурою від 5 °С до 10 °С – 85-110.

Число посушливих днів (вологість повітря менше 30 %) становить в середньому 27 на рік.

Спостережений добовий максимум опадів дорівнює 106 мм.

Сніговий покрив в басейні спостерігається з першої декади грудня до першої декади березня. Число днів зі сніговим покривом становить 26-30. Середній шар снігового покриву дорівнює 7,5 см, найбільший – 51 см.

Найбільша глибина промерзання ґрунту досягає 70 см.

Переважаючими є вітри північного і північно-західного напрямків. Середньорічна швидкість вітру складає 3,3 м/с.

Середня величина випаровування з водної поверхні становить 746 мм [3].

Басейн р. Свинної розташований в зоні недостатнього зволоження.

1.1.6 Гідрографічна характеристика та гідрологічна вивченість

Станом на 1964 р., у відповідності з гідрологічною вивченістю [44], виток р. Свинна знаходився в 2,0 км на схід від с. Голікове (раніше – до 1964 р., вважалося, що виток р. Свинна знаходиться поблизу північної окраїни с. Будьонівка). Річка впадає у верхів'я Хаджибейського лиману.

Довжина річки становить 53 км, площа водозбірного басейну – 871 км². Приток менше 10 км – 4 шт., загальною довжиною 5,0 км. Озерність водозбору: ставків та водосховищ – 16 шт., озер – 1 шт. Загальна площа водної поверхні: ставків та водосховищ – 1,63 км², озер – 0,60 км².

В 1964 р. вважалось, що правою притокою р. Свинна є б. Карпів Яр [44]. Виток б. Карпів Яр знаходиться в межах с. Велика Карпівка (початок синьої пунктирної лінії на карті), впадає в р. Свинна в 22 км вище її гирла в межах с. Свиноозерка. Довжина балки становить 15 км, площа водозбірного басейну – 419 км². Приток менше 10 км – 1 шт., загальною довжиною 1,0 км. Озерність водозбору: ставків та водосховищ – 3 шт., озер – 1 шт. Загальна площа водної поверхні: ставків та водосховищ – 0,37 км², озер – 0,60 км².

Лівою притокою б. Карпів Яр є б. Свинарка (раніше – до 1964 р., вважалось, що б. Карпів Яр є правою притокою б. Свинарка, а б. Свинарка є правою притокою р. Свинна) [44]. Впадає в б. Карпів Яр в 9,0 км вище її гирла в межах с. Ново-Дмитрівка. Довжина балки становить 16 км, площа водозбірного басейну – 297 км². Приток менше 10 км – 2 шт., загальною довжиною 2,0 км. Озерність водозбору: ставків та водосховищ – 2 шт. Загальна площа водної поверхні ставків та водосховищ – 0,22 км².

Станом на 1992 р., у відповідності з паспортними даними [3], р. Свинна має три притоки довжиною понад 10 км, загальною довжиною 91,2 км. Коефіцієнт густоти річкової мережі (без урахування водотоків довжиною менше 10 км) становить 0,19 км/км² [3]. Довжина річки становить приблизно 54,1 км; площа водозбору – 772 км²; середня висота водозбору – 86 м абс.; лісистість – 5,09 %; заболоченість – 0,40 %; розораність – 57,38 %; звивистість – 1,18; падіння річки – 182 м; середньозважений ухил – 3,14 м/км (табл. 1.2) [3].

Основні гідрологічні характеристики р. Свинна та її приток (станом на 1992 р.) наведені в табл. 1.3.

Норма стоку річки становить 7,30 млн. м³, стік маловодних років забезпеченістю 75 % і 95 % – складає, відповідно, 2,10 і 0,37 млн. м³.

За характером гідрологічного режиму р. Свинна відноситься до східно-європейського типу.

Умови, які визначають формування поверхневого стоку, є в цілому несприятливими, річка пересихає на тривалі періоди (до 330 днів на рік).

Живлення річки відбувається переважно за рахунок сніготанення і випадання інтенсивних дощів.

Власний стік річки зарегульований в значній мірі. Загальна кількість ставків, які регулюють місцевий стік – 9 шт. (станом на 01.01.92 р.) [3].

Систематичні гідрологічні спостереження на р. Свинна не ведуться.

Стаціонарні водомірні спостереження ведуться тільки в Хаджибейському лимані на водомірному посту в с. Усатове (знаходиться на греблі лиману), починаючи з 09.07.1933 р. (17.12.1944 р.) по теперішній час [11, 12].

Таблиця 1.2 – Основні гідрографічні характеристики басейну р. Свинна

Характеристика	Основна річка (р. Свинна)	Притоки довжиною більше 10 км		
		б. Свинна	б. Прорізна	б. Карпова
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Куди впадає	Хаджибейський лиман	р. Свинна	б. Свинна	б. Свинна
Притока (права або ліва)	–	права	права	права
Довжина, км	54,1	49,2	21,6	20,4
Відмітка витоку, м абс.	185	185	185	180
Відмітка гирла, м абс.	3	5	10	29
Падіння, м	182	180	175	151
Ухил середній, м/км	3,56	3,66	8,1	7,51
Ухил середньозважений, м/км	2,49	3,13	7,21	7,2
Площа водозбору, км ²	772	400,4	144,6	83,7
Середня висота водозбору, м абс.	86	109,9	111,6	127,1
Середній ухил водозбору, м/км	34	37	36	41
Лісистість, %	5,09	3,1	4,1	4,4
Заболоченість, %	0,4	0,26	0,24	-
Озерність, %	0,1	0,11	0,1	0,1
Кількість приток, шт.				
довжиною більше 10 км	3	2		
довжиною менше 10 км	9	5	2	2
Довжина річкової мережі, км				
з урахуванням річок довжиною понад 10 км	145,3	91,9	21,6	20,4
з урахуванням річок довжиною менше 10 км	222,3	135,9	45,6	37,4
Коефіцієнт густоти річкової мережі, км/км ²				
з урахуванням річок довжиною понад 10 км	0,19	0,23	0,15	0,24
з урахуванням річок довжиною менше 10 км	0,28	0,34	0,32	0,45
Звивистість річки	1,18	1,17	1,08	1,02

Таблиця 1.3 – Основні гідрологічні характеристики басейну р. Свинна

Показник	Основна річка (р. Свинна)	Притоки довжиною більше 10 км		
		б. Свинна	б. Прорізна	б. Карпова
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Площа басейну, км ²	772	400	114,6	83,7
Норма річного стоку, м ³ /с / млн. м ³	0,23 / 7,3	0,12 / 3,78	0,04 / 1,37	0,03 / 0,79
Річний стік заданої забезпеченості, млн. м ³				
забезпеченістю 50 %	5,07	2,63	0,95	0,55
забезпеченістю 75 %	2,1	1	0,39	0,23
забезпеченістю 95 %	0,37	0,19	0,07	0,04
Водопілля (зимові паводки)				
Шар стоку, мм	7	7	7	7
Максимальні витрати води й об'єми стоку заданої забезпеченості, м ³ /с / млн. м ³				
забезпеченістю 1 %	180 / 38,6	107 / 20,0	65,7 / 7,2	41,1 / 4,20
забезпеченістю 5 %	108 / 21,6	64,2 / 11,2	39,4 / 4,0	24,8 / 2,34
забезпеченістю 10 %	74,6 / 15,0	46,1 / 7,77	28,3 / 2,81	17,8 / 1,62
забезпеченістю 25 %	45,1 / 7,03	25,8 / 3,64	16,4 / 0,80	10,4 / 0,76
Дощові зливи				
Максимальні витрати води й об'єми стоку заданої забезпеченості, м ³ /с / млн. м ³				
забезпеченістю 1 %	101 / 17,7	115 / 10,2	106 / 4,54	57,7 / 2,93
забезпеченістю 5 %	57,6 / 9,86	65,7 / 5,31	60,3 / 2,57	37,9 / 1,67
забезпеченістю 10 %	39,4 / 6,75	45,0 / 3,98	41,3 / 1,76	22,5 / 1,15
забезпеченістю 25 %	20,2 / 3,46	23,1 / 2,04	21,2 / 0,91	11,6 / 0,59
Мінімальні середньомісячні витрати води заданої забезпеченості, м ³ /с				
Холодного періоду				
забезпеченістю 75, 80, 95 %	0	0	0	0
Теплого періоду				
забезпеченістю 75, 80, 95 %	0	0	0	0
Відсутність стоку				
Пересихання	до 330	до 330	до 330	до 330
Перемерзання	до 330	до 330	до 330	до 330
Максимальні рівні відповідні витратам води забезпеченістю, м ум.				
Водопілля				
забезпеченістю 1 %	1,44	1,27	1,65	1,0
забезпеченістю 5 %	1,25	1,16	1,49	0,6
забезпеченістю 10 %	1,13	1,09	1,32	0,7

Продовження таблиці 1.3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Зливи				
забезпеченістю 1 %	1,25	1,29	1,69	1,14
забезпеченістю 5 %	1,05	1,17	1,61	0,9
забезпеченістю 10 %	0,82	1,08	1,5	0,79
Термічний та льодовий режим				
Середня дата появи стійких льодових явищ	10.12	10.12	10.12	10.12
Середня дата розкриття річки	14.03	14.03	14.03	14.03
Середня дата очищення від льоду	20.03	20.03	20.03	20.03
Середня товщина льоду, м	0,05	0,05	0,05	0,05
Максимальна товщина льоду, м	0,30	до 0,30	до 0,30	до 0,30
Твердий стік				
Мутність, мг/дм ³	250	250	250	250
Середня витрата зважених наносів, кг/с	0,056	0,03	0,01	0,008
Об'єм твердого стоку, м ³ /р	1627	948	320	232

1.2 Характеристика господарської діяльності та водогосподарські перетворення в басейні річки

Ресурси поверхневих вод практично не використовуються, потреба у воді покривається на 100 % за рахунок підземних джерел.

1.2.1 Загальна характеристика водогосподарської діяльності на водозбірному басейні р. Свинна

Найбільш великими водоспоживачами є: птахофабрика «Отрадівська» (с. Болгарка), завод ковальсько-пресового устаткування (м. Роздільна), управління залізничної станції «Роздільна», птахофабрика (м. Роздільна), плодове господарство-завод «Понятівка».

Розораність басейну р. Свинна становить 57 %, еродованість – 48 %, урбанізованість – приблизно 6 % (табл. 1.4).

Сумарна потреба у воді становить приблизно 2514 тис. м³, при цьому беззворотне використання складає 1345 тис. м³ на рік.

Таблиця 1.4 – Основні характеристики водогосподарської діяльності в басейні р. Свинна

Характеристика	р. Свинна	Притоки довжиною більше 10 км		
		б. Свинна	б. Прорізна	б. Карпова
Розораність, %	57,4	70,0	57,0	57,0
Еродованість, %	48,0	20,0	51,0	60,0
Урбанізованість, %	5,87	3,50	6,60	9,00
Зрошуваних земель (з постійною водопровідною мережею), тис. га	0,14	0	0	0
Осушених земель (з постійною водопровідною мережею), тис. га	0	0	0	0

Водогосподарський баланс басейну складений з урахуванням потреб у воді на 01.01.1992 р. в цілому позитивний [3].

1.2.2 Водогосподарські перетворення в басейні р. Свинна

За останні 100 років в басейні р. Свинна та акваторії Хаджибейського лиману відбулися значні водогосподарські перетворення, основним з яких є регулювання та перехоплення стоку ставками, водосховищами, копанями в руслах річок і їхніх заплавах, а також спорудження гребель навколо лиману, що перетворили його на водосховище тощо.

В кінці XIX – на початку XX ст. гідрографічна мережа р. Свинна та Хаджибейського лиману ще майже не мала водогосподарських перетворень, про що свідчать картографічні матеріали території водозбірного басейну та акваторії Хаджибейського лиману тих років (рис. 1.5 та 1.6).

З середини XX ст. почалася інтенсивна водогосподарська трансформація гідрографічної мережі та водно-сольового режиму лиману. За даними довідникової літератури та паспортів рр. М. Куяльник та Свинна, які впадають в верхів'я лиману, в 1980-1990 рр. загальна кількість ставків та водосховищ на його басейні становила 50 шт., загальним об'ємом приблизно 13,2 млн. м³, з максимальною площею водного дзеркала майже 1 тис. га [3, 6-9].

Проте, за даними досліджень ОДЕКУ, які виконувалися в 2011 р., тільки перші п'ять штучних водойм (табл. 1.5) в межах гирлової ділянки р. Свинна (рис. 1.7 та 1.8) мають ємність ($H_{\text{макс}} \approx 3,00$ м БС – ШВ № 1-4, $H_{\text{макс}} \approx 7,00$ м БС – ШВ № 5) приблизно 31,8 млн. м³ та загальну площу водної поверхні майже 12,2 млн. м² (або 1,22 тис. га). При цьому, в верхній водоймі (5) – вище с. Єгорівка, може затримуватися майже весь стік р. Свинна (у середньому 7,2 млн. м³), відмітки гребель ШВ (1)-(4) дорівнюють 3,00-3,50 м БС, а відмітки дна їх водопропускних споруд – близькі до 1,00-1,50 м БС.

Таблиця 1.5 – Інформація про штучні водойми (ШВ) в басейні р. Свинна

№ п/п	Прийнята назва штучної водойми (ШВ)	Тип штучної водойми (вдсх, ставок, копанка)	Місце-положення штучної водойми в долині водотоку (русло, заплава, гирло)	Населені пункти	Місцеположення водойми в руслі водотоку (відносно населених пунктів)
1	ШВ № 1	вдсх	гирлово-заплавна ділянка р. Свинна	с. Алтестове, с. Паліївка, с. Болгарка, с. Отрадове	на ділянці від дамби (з мостом) між с. Болгарка та с. Отрадове до дамби на ділянці між с. Паліївка та с. Алтестове
2	ШВ № 2	ставок	русло-заплавна ділянка р. Свинна	с. Болгарка, с. Отрадове, с. Хоминка	на ділянці від дамби в с. Хоминка до дамби (з мостом) між с. Болгарка та с. Отрадове
3	ШВ № 3	ставок	русло-заплавна ділянка р. Свинна	с. Хоминка, с. Єгорівка	на ділянці від дамби в с. Єгорівка до дамби в с. Хоминка
4	ШВ № 4/1	копанка	лівобережна заплава р. Свинна	с. Єгорівка	в межах с. Єгорівка на ділянці від дамби автомобільної дороги до дамби між ШВ № 4/2 та № 4/1
	ШВ № 4/2	копанка	лівобережна заплава р. Свинна	с. Єгорівка	в межах с. Єгорівка на ділянці від дамби ШВ № 5 до дамби між ШВ № 4/2 та ШВ № 4/1
5	ШВ № 5	вдсх	русло-заплавна ділянка р. Свинна	с. Єгорівка, с. Бринівка	на ділянці від моста в с. Бринівка до дамби ШВ № 5 в с. Єгорівка
6	ШВ № 6	вдсх	русло-заплавна ділянка б. Свинна	с. Бецилове	вище с. Бецилове

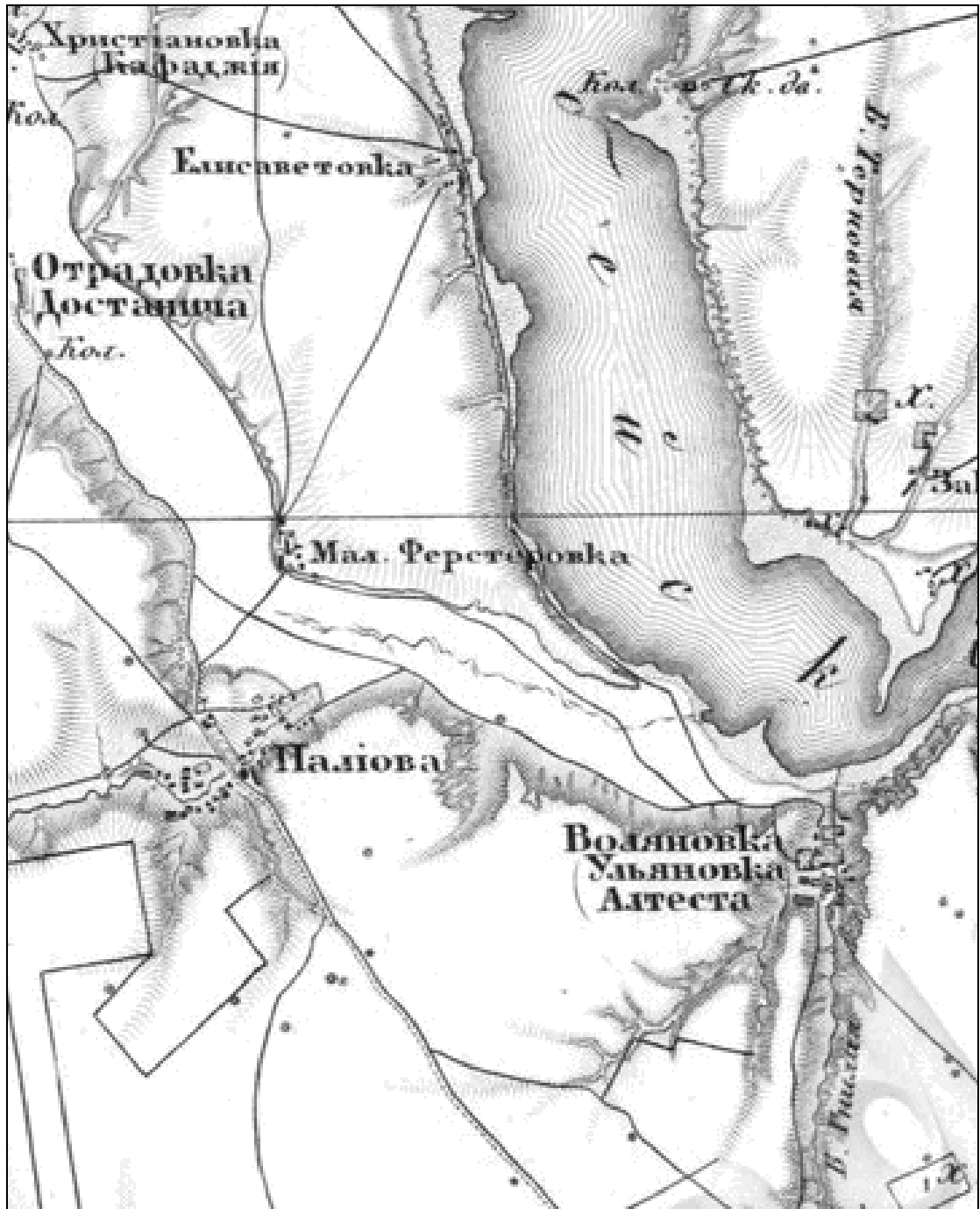


Рисунок 1.5 – Фрагмент карти Шуберта, кінець XIX ст.

З рис. 1.5 видно, що р. Свинна в кінці XIX ст. впадала в верхню частину Хаджибейського лиману приблизно 1 км вище с. Алтестове (**Волянówka**).



Рисунок 1.6 – Фрагмент австрійської карти початку ХХ ст.

З рис. 1.6 видно, що на початку ХХ ст. гирлова частина р. Свинна займала ділянку від с. Єгорівка (*Jegorowka*) до с. Алтестове (*Wolanowka*).

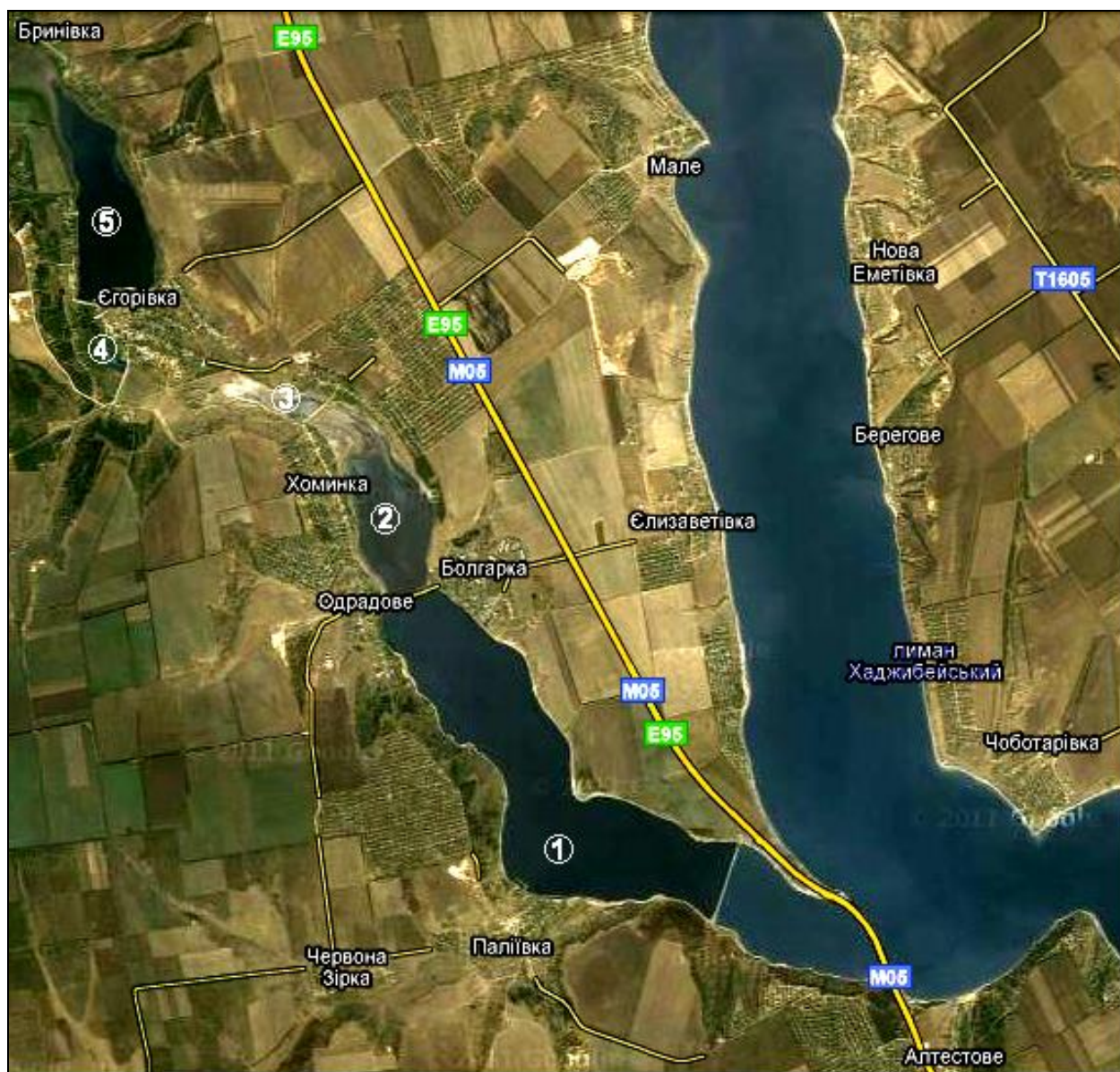


Рисунок 1.7 – Супутниковий знімок верхньої частини Хаджибейського лиману та гирлової ділянки р. Свинна [10]:

- 1 – штучна рибогосподарська водойма (водосховище);
- 2, 3, 4, 5 – штучні водойми (ставки, водосховища, копані)

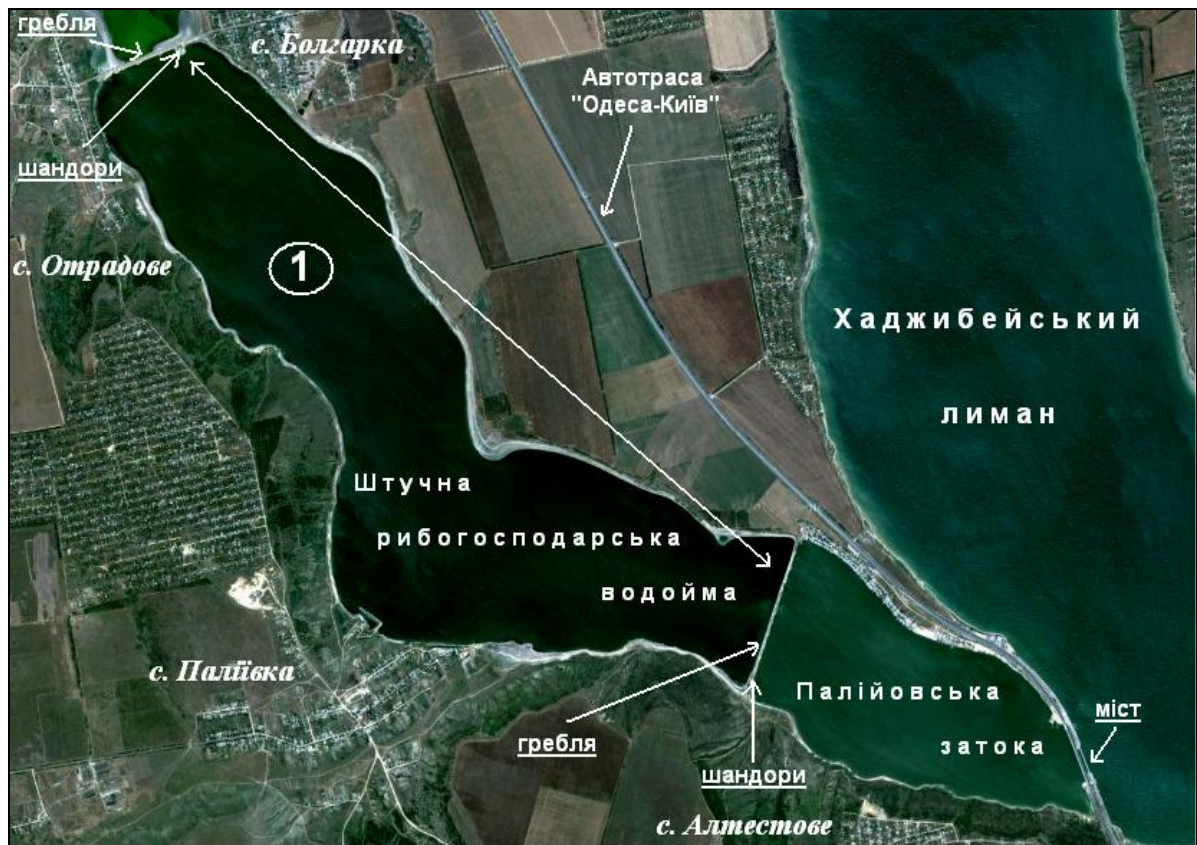


Рисунок 1.8 – Супутниковий знімок та схема верхньої частини Хаджибейського лиману з штучною рибогосподарською водоймою (1) Регіонального дослідно-експериментального комплексу в гирлі р. Свинна [10]

Тобто, в тих випадках, коли відмітки рівнів води в Хаджибейському лимані перевищують 1,00 м БС, відбувався (відбувається) перетік води з Палійовської затоки в ШВ (1)-(4) доки рівень води в системі цих водойм не зрівняється, як наприклад, між Палійовською затокою та ШВ (1) і (2) з 11 липня по 25 листопада 2011 р.

1.3 Гідролого-гідрохімічна характеристика верхньої частини лиману та штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна

Хаджибейський лиман розташований поблизу м. Одеси в долині рр. М. Куяльник та Свинна. Водойма закритого типу, відокремлена від моря піщаним пересипом шириною 4-5 км. Максимальна довжина лиману по осьовій лінії становить 40 км, ширина – від 0,8 до 3,5 км.

Північна частина лиману більш мілковода, південна – глибоководна. Максимальна глибина лиману досягає 20-24 м (в залежності від об'єму наповнення), середня – 4 м [20, 21].

Донні відкладення складаються з гальки, піску, мула, каменів і глини. На глибинах понад 2 м. залягає сірий і чорний мул, що місцями містить сірководень [22]. Береги Хаджибейського лиману порізані, мають багато кіс і балок. Схили сформовані глинистими, глинисто-піщаними і вапняними відкладеннями.

1.3.1 Загальна гідролого-гідрохімічна характеристика Палійовської затоки та штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна

В північно-західній частині в лиман є Палійовська затока (до середини ХХ ст. – гирлова ділянка р. Свинна), площа якої досягає 1000-1200 га, глибини до 5 м. У вершину затоки впадає р. Свинна (площа водозбору річки становить 871 км²). Об'єми стоку р. Свинна незначні, оскільки вона впадає в штучну водойму, що знаходиться вище с. Єгорівка.

У 1985 р. затока була розділена двома греблями на три ділянки. В середній частині затоки збудована Палійовська риборозплідна ділянка, де розташовано розплідник по відтворенню морських риб, що на сьогодні, відноситься до Дирекції виробничо-дослідних експериментальних риборозплідних об'єктів (ДВЕРО) управління «Одесарибвод». В нижній частині затоки, що впадає в Хаджибейський лиман була створена ділянка для любительського рибальства, яка до недавнього часу (2006 р.) належала Обласній раді УТМР.

З 1968 р. рівень води Хаджибейського лиману регулюється штучно, шляхом подачі стічних вод з полів фільтрації, або їх відкачування в море через скидний канал «лиман-море» з низовій лиману. В результаті такого регулювання до 2007 р., з березня по червень – рівень лиману підвищувався, а з серпня по березень – знижувався. Амплітуда внутрішньорічних коливань рівня в середньому складала 40-60 см.

Кліматичні умови помірно континентальні. На початку березня температура води переходить через 0,2 °С, у останній декаді квітня – вона вже перевищує 10 °С. Навесні температура води зростає з півночі на південь. На півночі вона в середньому на 1-2 °С вище ніж на півдні. Влітку температура води становить 24-29 °С. В період з серпня по грудень, температура води падає в середньому на 4-6 °С на місяць.

Взимку водойми майже щорічно замерзають. Тривалість льодоставу в середньому 45-50 діб. Максимальна товщина льоду досягає 54 см. Очищення від льоду наступає, зазвичай, в першій-другій декаді березня.

Протягом року переважають північні і північно-західні вітри. При північному вітрі спостерігаються найбільш високі хвилі, висотою 0,3-0,4 м, довжиною 3-4 м. Середня висота хвиль становить 0,1 м, довжина – 1,3 м. Вітрові згінно-нагінні денівеляції рівня води незначні та зазвичай не перевищують 20-30 см. Найбільш активні вітрові течії, які забезпечують перемішування водних мас водойми, в поверхневому шарі мають швидкість від 0,2 до 1,0 м/с, в придонному шарі – 0,1-0,5 м/с. В місцях надходження материкового стоку і скидних вод спостерігаються стічні течії.

Присутність зон стратифікації в придонних шарах вказує на слабке горизонтальне і вертикальне перемішування водних мас.

Прозорість води коливається від 0,1 до 0,8 м. Максимальна прозорість води спостерігається восени і в зимові місяці. У північній і центральній частині водойми прозорість води досягає 0,5 м.

Останніми роками прозорість вод у весняно-літні місяці значно знизилася, що пов'язано з наростаючими процесами ефтрофікації та інтенсивним «цвітінням» води.

Сольовий режим Хаджибейського лиману, у тому числі її верхньої частини, схильний до значних циклічних змін. З 1920 по 1929 рр. під впливом притоку морської води солоність коливалася від 29 до 40 ‰. З 1930 по 1940 рр. – за рахунок значного поверхневого стоку (в періоди весняного водопілля) намітилася тенденція до опріснення водойми. Солоність знизилася до 13-18 ‰. У середині ХХ ст. солоність вод продовжувала знижуватись до 12-14,7 ‰, а в період з 1950 по 1968 рр. – відбулося зростання солоності до 26-37 ‰ [21].

З 1972-1973 рр. до 1978 р. солоність вод лиману знизилася до 13-16 ‰, а за період з 1978 по 1990 рр. – до 3-5 ‰. З 1991 р. – солоність води почала знову збільшуватись.

За період з 1992 по 2004 рр. солоність змінювалась таким чином: а) в нижній частині Палійовської затоки – від 3 до 4 ‰; б) в ШВ № 1 – від 5-7 до 9-14 ‰; в) в ШВ № 2 від 14 до 28 ‰.

В 2008 р., за даними гідрохімічної лабораторії управління екологічної безпеки в Одеській обл. (табл. 1.6), солоність води Палійовської затоки становила 3,92 ‰, а ШВ № 1 – 11,43 ‰.

Якість води Палійовської затоки та нижньої водойми р. Свинна в 90-х роках ХХ ст. (за даними Інституту гідробіології АН СРСР) та на початку ХХІ ст. (за даними ОФ ІБПМ) є «слабо забрудненою» або «помірно забрудненою», а концентрація токсичних речовин в тканинах і органах промислових гідробіонтів (риб) не перевищує ГДК.

Таблиця 1.6 – Хімічний склад води верхньої частини Хаджибейського лиману (Палійовська затока) та ШВ № 1 в 2008 р. (за даними ГХЛ УЕКБ)

Показник	Палійовська затока	ШРГВ (ШВ № 1)
Завислі речовини, мг/дм ³	11,00	48,00
<i>pH</i>	8,30	8,60
<i>O</i> ₂ , мгО ₂ /дм ³	13,69	7,82
БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	5,06	8,62
Нафтопродукти, мг/дм ³	Відсутні	–
<i>NH</i> ₄ ⁺ , мгN/дм ³	0,30	0,35
<i>NO</i> ₃ ⁻ , мгN/дм ³	Відсутні	–
<i>NO</i> ₂ ⁻ , мгN/дм ³	0,047	–
Лужність води, мг-екв/дм ³	7,4	7,7
Твердість води, мг-екв/дм ³	28,22	59,90
<i>Fe</i> _{заг} , мг/дм ³	0,14	0,27
<i>SO</i> ₄ ²⁻ , мг/дм ³	366,80	1312,74
<i>Cl</i> ⁻ , мг/дм ³	2171,00	6332,09
<i>HCO</i> ₃ ⁻ , мг/дм ³	451,4	469,7
<i>Ca</i> ²⁺ , мг/дм ³	142,85	146,8
<i>Mg</i> ²⁺ , мг/дм ³	256,45	639,25
<i>Na</i> ⁺ + <i>K</i> ⁺ , мг/дм ³	1104,92	3535,56
<i>α</i> , мг/дм ³	4493,42	12436,14
<i>S</i> , ‰	3,92	11,43

1.3.2 Хімічний склад води штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна, Палійовської затоки та Хаджибейського лиману в 2011 р.

В 2011 р. Одеським державним екологічним університетом (ОДЕКУ) також виконувалися натурні дослідження водно-сольового режиму та хімічного складу води Хаджибейського лиману, його Палійовської затоки та водойм гирлової ділянки р. Свинна (табл. 1.7). Результати гідрохімічних спостережень ОДЕКУ, які були виконані в 2011 р., представлені в табл. 1.8.

Таблиця 1.7 – Станції гідрохімічних досліджень ОДЕКУ на ВО в гирловій ділянці р. Свинна, лим. Хаджибейському та зат. Палійовській в 2011 р.

Водний об'єкт (ВО)	Номер гідрохімічної станції (ГХС)	Місцеположення ГХС (навігаційні координати в системі WGS-84: ° ' " пн. ш. та ° ' " сх. д.)
ШВ № 1	I	На ділянці вище дамби між ШВ № 1 та Палійовською затокою (поблизу шандорів) (46°38'57" пн. ш. та 30°30'20" сх. д.)
	II	В межах с. Паліївка на ділянці штучної рибогосподарської водойми Регіонального дослідно-експериментального комплексу (46°39'09" пн. ш. та 30°28'24" сх. д.)
	II*	В центрі ШВ № 1 (46°39'28" пн. ш. та 30°28'47" сх. д.)
	III	На ділянці нижче дамби (з мостом) між с. Болгарка та с. Отрадове (46°41'16" пн. ш. та 30°27'19" сх. д.)
ШВ № 2	IV	На ділянці вище дамби (з мостом) між с. Болгарка та с. Отрадове (46°41'20" пн. ш. та 30°27'15" сх. д.)
	V	На ділянці нижче дамби в с. Хоминка (46°42'33" пн. ш. та 30°26'07" сх. д.)
ШВ № 3	VI	На ділянці вище дамби в с. Хоминка (46°42'34" пн. ш. та 30°26'06" сх. д.)
ШВ № 4/1	VII	Вище дамби автомобільної дороги (46°42'55" пн. ш. та 30°24'09" сх. д.)
ШВ № 4/2	VIII	Вище дамби між ШВ № 4/2 та ШВ № 4/1 (46°43'14" пн. ш. та 30°23'46" сх. д. – 10.11 р.; 46°42'56" пн. ш. та 30°24'02" сх. д. – 11.11 р.)
ШВ № 5	IX	На ділянці вище дамби в с. Єгорівка (46°43'23" пн. ш. та 30°23'47" сх. д.)
ШВ № 6	–	<i>Гідрохімічні спостереження не виконувалися</i>
Палійовська затока (ПЗ)	X	На ділянці нижче дамби між ШВ № 1 та ПЗ (46°38'56" пн. ш. та 30°30'22" сх. д.)
Хаджибейський лиман (ХЛ)	XI	На ділянці водомірного поста в с. Усатове (46°32'34" пн. ш. та 30°40'16" сх. д.)

Таблиця 1.8 – Хімічний склад води водойм гирлової ділянки р. Свинна, Палійовської затоки та Хаджибейського лиману в 2011 р. (за даними ОДЕКУ)

ВО	Номер ГХС	Дата, дд.мм.рр.	Глибина на вертикалі, h , м	Мінералізація (солемір), α , г/дм ³	Сухий залишок, СЗ, мг/дм ³	$t_{води}$, °С	pH	Прозорість води, P , м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ШВ № 1	I	13.07.11	0,58	6,82	6920	25,5	7,05	0,34	
		30.07.11	0,58	5,80	5880	27,8	7,00	0,35	
		07.10.11	–	6,10	–	17,9	8,97	0,38	
		12.11.11	–	9,00	10497	4,0	9,29	0,45	
	II	13.07.11	0,30	28,5	29780	30,1	9,21	0,22	
		30.07.11	–	24,0	29120	27,4	8,50	0,38	
		07.10.11	–	15,4	–	16,6	8,80	0,39	
	II*	07.10.11	–	17,8	–	16,9	8,80	0,54	
	III	13.07.11	–	28,1	28100	30,2	8,75	0,15	
		30.07.11	–	25,0	26670	27,7	8,00	0,38	
		07.10.11	–	17,2	–	19,2	8,89	0,40	
		12.11.11	–	14,0	17571	4,2	9,37	0,41	
	ШВ № 2	IV	07.10.11	–	17,2	–	19,2	8,89	0,20
			12.11.11	–	14,0	17571	4,2	9,37	0,41
		V	07.10.11	–	20,0	–	20,1	8,33	0,20
			12.11.11	–	23,2	26827	2,6	8,65	0,35

Продовження таблиці 1.8

ВО	Номер ГХС	Дата, дд.мм.рр.	Кольоровість води, <i>K</i> (за ШК)		Присмак води		Запах води		Кисень, O_2		
			№	колір	характер	бал	характер	бал	мг O_2 /дм ³	%	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	
ШВ № 1	I	13.07.11	12	жовтувато-зелений	солоний	1	трав'яний	2	8,03	–	
		30.07.11	12-13	жовтувато-зелений, зеленувато-жовтий	солоний	1	трав'яний	2	7,21	–	
		07.10.11	13-14	зеленувато-жовтий	солоний	2	трав'яний	2	7,18	–	
		12.11.11	14	зеленувато-жовтий	солоний	3	трав'яний	1	12,20	90,9	
	II	13.07.11	13-14	зеленувато-жовтий	солоний	4	рибний	2	4,90	–	
		30.07.11	15-16	жовтий	солоний	4	рибний	2	4,94	–	
		07.10.11	20-21	жовтувато-коричневий, коричневий	солоний	4	рибний	2	6,26	–	
	II*	07.10.11	21	коричневий	солоний	4	рибний	2	7,04	–	
	III	13.07.11	14	зеленувато-жовтий	солоний	4	рибний	2	3,27	–	
		30.07.11	15-16	жовтий	солоний	3	рибний	2	5,84	–	
		07.10.11	17	коричнювато-жовтий	солоний	2	рибний	1	7,85	–	
		12.11.11	18	коричнювато-жовтий	солоний	2	пліснявий	1	6,68	50,0	
	ШВ № 2	IV	07.10.11	18	коричнювато-жовтий	солоний	2	рибний	1	7,85	–
			12.11.11	18	коричнювато-жовтий	солоний	2	пліснявий	1	6,68	50,0
		V	07.10.11	18	коричнювато-жовтий	солоний	4	трав'яний	1	7,85	–
			12.11.11	19	жовтувато-коричневий	солоний	4	трав'яний	1	1,64	11,8

Продовження таблиці 1.8

ВО	Номер ГХС	Дата, дд.мм.рр.	Глибина на вертикалі, h , м	Мінералізація (солемір), α , г/дм ³	Сухий залишок, СЗ, мг/дм ³	$t_{води}$, °С	pH	Прозорість води, P , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШВ № 3	VI	07.10.11	–	32,0	–	19,3	9,42	0,05
		12.11.11	0,40	30,8	39335	4,0	9,30	>0,40
ШВ № 4/1	VII	13.07.11	–	4,12	4740	–	6,50	–
		12.11.11	–	10,5	11263	1,4	9,83	0,05
ШВ № 4/2	VIII	08.10.11	–	3,00	–	20,0	8,79	0,40
		12.11.11	–	5,60	6044	2,1	9,38	0,40
ШВ № 5	IX	13.07.11	–	8,20	8590	–	7,50	–
		08.10.11	0,15	16,0	–	21,4	8,71	>0,15
ПЗ	X	13.07.11	–	6,12	6220	25,7	6,47	0,34
		30.07.11	–	5,50	5900	27,8	7,00	0,35
		07.10.11	–	6,10	–	17,9	8,98	0,28
		12.11.11	–	6,05	6242	5,4	9,32	0,60
ХЛ	XI	07.10.11	–	6,00	–	–	–	–
		12.11.11	–	6,00	–	–	–	–

Продовження таблиці 1.8

ВО	Номер ГХС	Дата, дд.мм.рр.	Кольоровість води, К (за ШК)		Присмак води		Запах води		Кисень, O ₂	
			№	колір	характер	бал	характер	бал	мгО ₂ /дм ³	%
1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17
ШВ № 3	VI	07.10.11	12	жовтувато-зелений	солоний	4	болотний	2	0,00	0,00
		12.11.11	12	жовтувато-зелений	солоний	4	болотний	2	4,83	35,9
ШВ № 4/1	VII	13.07.11	–	–	–	–	–	–	–	–
		12.11.11	12	жовтувато-зелений	гіркий	1	землистий	1	0,00	0,00
ШВ № 4/2	VIII	08.10.11	15-16	жовтий	болотний	1	землистий	1	12,63	–
		12.11.11	20	жовтувато-коричневий	болотний	1	землистий	1	7,49	53,1
ШВ № 5	IX	13.07.11	–	–	–	–	–	–	–	–
		08.10.11	21	коричневий	–	–	–	–	5,27	–
ПЗ	X	13.07.11	12	жовтувато-зелений	солоний	1	трав'яний	2	8,03	–
		30.07.11	12-13	жовтувато-зелений, зеленувато-жовтий	солоний	1	трав'яний	2	3,21	–
		07.10.11	13-14	зеленувато-жовтий	солоний	1	трав'яний	1	7,18	–
		12.11.11	13	зеленувато-жовтий	солоний	1	трав'яний	1	10,31	79,5
ХЛ	XI	07.10.11	–	–	солоний	–	відсутній	–	–	–
		12.11.11	–	–	солоний	–	відсутній	–	–	–

Продовження таблиці 1.8

ВО	Номер ГХС	Дата, дд.мм.рр.	Твердість води, T , мг-екв/дм ³			Кальцій, Ca^{2+}		Магній, Mg^{2+}	
			заг.	карб.	некарб.	мг-екв/дм ³	мг/дм ³	мг-екв/дм ³	мг/дм ³
1	2	3	18	19	20	21	22	23	24
ШВ № 1	I	12.11.11	48,13	5,00	43,13	7,50	150,30	40,63	494,06
	III	12.11.11	77,75	5,75	72,00	9,38	187,98	68,37	831,38
ШВ № 2	IV	12.11.11	77,75	5,75	72,00	9,38	187,98	68,37	831,38
	V	12.11.11	121,88	5,75	116,13	18,63	373,35	103,25	1255,52
ШВ № 3	VI	12.11.11	224,50	4,25	220,25	80,65	1616,23	143,85	1749,22
ШВ № 4/1	VII	12.11.11	86,25	3,00	83,25	14,88	298,20	71,37	867,86
ШВ № 4/2	VIII	12.11.11	34,25	5,00	29,25	3,85	77,15	30,40	369,66
ПЗ	X	12.11.11	31,75	4,50	27,25	6,63	132,87	25,12	305,46

Продовження таблиці 1.8

ВО	Номер ГХС	Дата, дд.мм.рр.	Натрій та калій, $Na^+ + K^+$		Гідрокарбонати, HCO_3^-		Сульфати, SO_4^{2-}		Хлориди, Cl^-	
			мг-екв/дм ³	мг/дм ³	мг-екв/дм ³	мг/дм ³	мг-екв/дм ³	мг/дм ³	мг-екв/дм ³	мг/дм ³
1	2	3	25	26	27	28	29	30	31	32
ШВ № 1	I	12.11.11	110-131	1740-4000	5,00	305,00	10,42-31,20	500-1500	143,02	5068,64
	III	12.11.11	180-201	4000-7150	5,76	350,75	10,42-31,20	500-1500	241,83	8568,83
ШВ № 2	IV	12.11.11	180-201	4000-7150	5,76	350,75	10,42-31,20	500-1500	241,83	8568,83
	V	12.11.11	250-271	7350-11500	5,76	350,75	10,42-31,20	500-1500	356,40	12870,08
ШВ № 3	VI	12.11.11	173-194	15000-21500	4,25	259,25	10,42-31,20	500-1500	382,93	13796,97
ШВ № 4/1	VII	12.11.11	0,00-1,00	4300-8000	2,97	183,00	10,42-31,20	500-1500	41,49	1470,97
ШВ № 4/2	VIII	12.11.11	16,7-37,5	0,00-3535	5,00	305,00	10,42-31,20	500-1500	35,53	1258,30
ПЗ	X	12.11.11	65,2-86,1	379-1925	4,51	274,50	10,42-31,20	500-1500	81,99	2906,49

Продовження таблиці 1.8

ВО	Номер ГХС	Дата, дд.мм.рр.	<i>Eh</i> , мВ	Азот нітритний NO_2^- , мгN/дм ³	Азот нітратний NO_3^- , мгN/дм ³	Азот амонійний NH_4^+ , мгN/дм ³	Азот загальний, N, мгN/дм ³
1	2	3	33	34	35	36	37
ШВ № 1	I	12.11.11	-104,8	0,278	0,306	0,474	1,06
	III	12.11.11	-108,8	0,392	1,508	0,086	1,99
ШВ № 2	IV	12.11.11	-108,8	0,392	1,508	0,086	1,99
	V	12.11.11	-23,5	0,152	0,606	0,181	0,94
ШВ № 3	VI	12.11.11	-103,3	0,145	0,412	2,561	3,12
ШВ № 4/1	VII	12.11.11	-133,8	0,000	0,734	1,571	2,31
ШВ № 4/2	VIII	12.11.11	-113,5	0,138	0,000	0,322	0,46
ПЗ	X	12.11.11	-114,8	0,139	0,154	0,219	0,513

Продовження таблиці 1.8

ВО	Номер ГХС	Дата, дд.мм.рр.	Проба після прожарювання (загальний вміст ОР), ППП		Вид води (за О.О. Альокінім)			
			мг/дм ³	% (від СЗ)	символ	клас	група	тип
1	2	3	38	39	40	41	42	43
ШВ № 1	I	12.11.11	9258	11,80	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій
	III	12.11.11	15531	11,61	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій
ШВ № 2	IV	12.11.11	15531	11,61	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій
	V	12.11.11	23701	11,65	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій
ШВ № 3	VI	12.11.11	34012	13,53	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій
ШВ № 4/1	VII	12.11.11	8612	23,54	Cl _{III} ^{Mg}	хлоридний	магнію	третій
ШВ № 4/2	VIII	12.11.11	3137	22,43	SCl _{II} ^{Mg}	сульфатно-хлоридний	магнію	другий
ПЗ	X	12.11.11	5498	11,92	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій

Примітки: 1) води II типу – метаморфізованні сильномінералізовані води (у тому числі води лиманів реліктових водойм); 2) води III типу – змішані води (у тому числі річкові, озерні та підземні води помірної мінералізації) [14].

В процесі виконання гідрохімічних вимірювань проведені візуальні спостереження поверхні води, визначені мінералізація (солоність), сухий залишок та фізико-хімічні властивості води, а саме: температури води, запаху, прозорості, кольоровості, рН та концентрації розчиненого у воді кисню, нітритів, нітратів, азоту амонійного тощо (табл. 1.8).

Проведення візуальних спостережень поверхні водою включали:

- визначення забруднення водою (покриття поверхні води нафтовою або масляною плівкою, загибель риби, рослин і т. п.);
- виявлення джерел забруднення (установлення місця скидання стічних вод і таке інше) та зон поширення забруднень по площі водою.

Вимірювання температури води виконувалося водним термометром, який опускався у воду в місцях відбору проб на глибину 0,3-0,5 м. Після 5-8 хвилин термометр виймався та робився відлік з точністю до 0,1 °С [15, 17].

Для надійності, вимірювання температури води також виконувалося електронним мікротермометром, що входить в комплект рН-метр-іономіру (перетворювача) типу ЭКОТЕСТ-2000 фірми «Эконикс» (заводський номер 1353, свідоцтво про повірку робочого засобу вимірювальної техніки № 2662-ФХ від 30.08.2011 р., чинне до 30.08.2012 р.).

З використанням цього приладу також визначалися *Eh*, нітрити, нітрати, азот амонійний та розчинений у воді кисень (табл. 1.8).

Визначення запаху води здійснювалося безпосередньо у водного об'єкта орієнтовно при температурі близько 20 °С. Для цього 250 дм³ проби води поміщалися у конічну колбу, закривалася колба пробкою та струшувалася обертовим рухом у закритому стані. Далі, відкривши пробку, органолептично визначали інтенсивність та характер запаху [15, 17].

Визначення інтенсивності запаху води (в балах) виконувалося за такими характеристиками: 0 балів – ніякого запаху, відсутність відчутного запаху; 1 бал – дуже слабкий запах, непомітний споживачем але помітний фахівцем; 2 бали – слабкий запах, легко помітний споживачем якщо звернути увагу на нього; 3 бали – помітний запах і здатний бути причиною того, що вода стає непридатною для пиття; 4 бали – виразний запах, що привертає до себе увагу, змушуючи втриматися від пиття; 5 балів – дуже сильний запах, настільки сильний, що робить воду непридатною для пиття.

Характер та можливі джерела походження запаху визначалися за наступною класифікацією [15, 17]:

- хімічний, промислові стічні води або хімічна обробка;
- хлорний, вільний хлор;
- вуглеводний, стоки нафтоочисних заводів;
- лікарський, фенол і йодоформ;
- сірчистий, сірководень;
- гнильний, застоюні стічні води.

Прозорість води визначалася по границі зникнення та появи білого диска Секкі з тіньової сторони борта промірного човна [15, 17].

Кольоровість води визначалася в градусах візуально за допомогою білого диска Секкі та спеціальної шкали кольоровості [18]. Для цього диск Секкі опускався у воду на половину глибини прозорості та, переглядаючи фарбування контрольних розчинів зверху вниз, знаходився циліндр, фарбування рідини в якому збігалось з фарбуванням досліджуваної води на фоні білого диску з тіньової сторони борта промірного човна [15, 18].

Визначення *pH* води виконувалося безпосередньо у водних об'єктах електрометричним приладом рН-150 (заводський номер 1043, свідоцтво про повірку робочого засобу вимірювальної техніки № 3350-ФХ від 11.10.2011 р., чинне до 11.10.2012 р.) в комплекті з електродами ЭС-10607/4 (заводський номер 97368) та ЭВЛ-1М4.

Концентрація розчиненого у воді кисню для контролю також вимірювалася методом Вінклера, з точністю до $0,01 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ [15].

Мінералізація води вимірювалася безпосередньо у водних об'єктах солеміром «ВСЕГИНГЕО» (заводський номер 28, свідоцтво про повірку робочого засобу вимірювальної техніки № 2458-ФХ від 30.08.2011 р., чинне до 30.08.2012 р.). Також (для контролю) визначався за сухий залишок [15].

Підготовку та калібрування всіх приладів, які використовувалися під час гідрохімічних вимірювань, було виконано фахівцями з хімії та метрології.

За результатами гідролого-гідрохімічних досліджень ОДЕКУ, наприклад, для ШРГВ (ШВ № 1) в період з 13 по 16 липня 2011 р. фізико-хімічні властивості вод та трофність водойми мали наступні значення:

а) в районі рибгоспу в с. Паліївка:

– температура води: $29,0-31,2 \text{ }^\circ\text{C}$;

– *pH* води: $8,5-9,21$ – лужне середовище [13-15];

– концентрація розчиненого у воді кисню: $4,90 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$;

– мінералізація води: $24,78-32,00 \text{ мг/дм}^3$ – солонувато-солоні полі-еугалинні води [16];

– прозорість (мутність) води за білим диском Секкі: $0,22 \text{ м}$;

– колір води за шкалою кольорів: XIII-XIV – зелено-жовтий колір [15-18];

– індекс трофності за Р. Карлсоном [19]: $J_{np} = 83$ – гіпертрофна водойма;

б) в районі шандорів біля греблі між с. Отрадове та с. Болгарка:

– температура води: $30,2 \text{ }^\circ\text{C}$;

– *pH* води: $8,5-9,00$ – лужне середовище;

– концентрація розчиненого у воді кисню: $3,27 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$;

– мінералізація води: $26,1-30,1 \text{ мг/дм}^3$ – солонувато-солоні полі-еугалинні;

– прозорість (мутність) води за білим диском Секкі: $0,15 \text{ м}$;

– колір води за шкалою кольорів: XIV – зелено-жовтий колір;

– індекс трофності за Р. Карлсоном: $J_{np} = 87$ – гіпертрофна водойма;

в) в районі шандорів біля греблі між Палійовською затокою та штучною рибогосподарською водоймою:

- температура води: 25,0-25,5 °С;
- pH води: 6,47-7,05 – нейтральне середовище;
- концентрація розчиненого у воді кисню: 7,01-9,05 мгО₂/дм³;
- мінералізація води: 6,12-6,92 мг/дм³ – солонуваті α -мезогалінні води;
- прозорість (мутність) води за білим диском Секкі: 0,34 м;
- колір води за шкалою кольорів: – жовто-зелений колір;
- індекс трофності за Р. Карлсоном: $J_{np} = 75$ – гіпертрофна водойма.

Об'єм притоку води через шандори з Палійовської затоки Хаджибейського лиману до ШРГВ (ШВ № 1) становив 1,00-1,20 м³/с (або близько 95 тис. м³/д), при цьому перевищення рівня води Палійовської затоки над рівнем води рибогосподарської водойми складав близько $\Delta H = 0,85$ м, а відмітка поверхні води Хаджибейського лиману 13 та 14 липня 2011 р. становила, відповідно, 1,51 та 1,50 м БС.

З водозбірного басейну р. Свинна приплив води не спостерігався. Русло в створі моста на дамбі між с. Отрадове та с. Болгарка було пересохлим, що обумовлено повним перехопленням річкового стоку штучними водоймами (ставками та водосховищем) на ділянці с. Бринівка – с. Єгорівка – с. Хоминка – с. Отрадове (с. Болгарка).

За результатами візуальних спостережень за станом водної поверхні треба відмітити, що 13-16 липня 2011 р. почалося «цвітіння» фітопланктонних водоростей на ділянці між с. Паліївка та с. Отрадове (с. Болгарка). Загибель риби або інших гідробіонтів не спостерігалася, але відмічено масове скупчення риби на ділянці від східної границі с. Паліївка й греблею між Палійовською затокою та ШРГВ (про що також свідчили дані ехолокації, при батиметричній зйомці водойми).

З урахуванням отриманих з 13 по 16 липня 2011 р. результатів натурних гідрохімічних та гідрологічних досліджень, гідроекологічний стан ШРГВ на ділянці с. Отрадове (або с. Болгарка) – с. Паліївка – дамба (між с. Паліївка та с. Алтестове) можна охарактеризувати як кризовий і навіть катастрофічний.

Відповідно до офіційної «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [16], за мінералізацією води даної водойми станом на 13-16 липня 2011 р. є солонувато-солоні поліеугалінні води та відносяться до 5 категорії, за прозорістю, pH та розчиненим киснем – вода належить до 6-7 категорій, за трофністю є гіпертрофною та відноситься до 7 категорії.

Отже, якість води ШРГВ (ШВ № 1) станом на 13-16 липня 2011 р. була за станом – «погана» та «дуже погана», за ступенем забрудненості (чистоти) – «брудна» та «дуже брудна», за тротрофністю – «гіпертрофна», за сапробністю – «полісапробна».

1.4 Гідробіологічний режим та характеристика кормової бази риб

Формування асоціації фітопланктону Хаджибейського лиману, у тому числі його верхньої частини, відбувалося в основному за рахунок морських видів. Ізоляція лиману від моря привела до збіднення видового складу фітопланктону, з одного боку, і до масового розвитку окремих видів водоростей, з іншого. Після початку опріснення лиману – в 1931 р., морські форми фітопланктону були значною мірою витиснені прісноводними та склали після 1931 р. не більше 4 % від його загального складу. Особливо виражений цей процес був в Палійовській затоці, де в 60-х рр. ХХ ст. було виявлено 61 вид водоростей, зокрема: зелених – 25 видів, діатомових – 17 видів, синьо-зелених – 7 видів, евгленових – 6 видів, пірофітових – 5 видів, золотистих – 1 вид. Подальше зниження солоності зумовило домінування в цій затоці та відкритій акваторії лиману прісноводних форм.

У зимово-осінній період фітопланктон найбільш різноманітно представлений зеленими водоростями. Навесні великою різноманітністю відрізнялися діатомові [22].

В останні роки за чисельністю переважають синьо-зелені водорості (70 %), хоча основу біомаси (до 80 %) складають діатомові. Загальна чисельність мікроводоростей за вегетаційний період в середньому складає $5680 \cdot 10^6$ кл./м³; біомаса – 11,972 г/м³, при цьому, 93-99 % – це «кормовий» фітопланктон.

У зоопланктоні Хаджибейського лиману та Палійовської затоки в період з 1999 по 2004 рр. переважали коловертки (31 %) і веслоногі ракоподібні (28 %), гіллястовусі зустрічалися рідше та склали не більше 10 %. Всього в лимані (включаючи Палійовську затоку) за 1999-2004 рр. зафіксовано 32 таксони. З півдня на північ спостерігається зниження чисельності морських форм і збільшення прісноводних видів. В цілому прісноводні організми складають 41 % загального складу, солонуватоводні – 18 %, морські – 32 %, евригаліні – 18 %. Зимовий зоопланктон представлений 11 таксонами. Кількість прісноводних і морських організмів однакова. Основна частина – веслоногі. Навесні зростає частка морських форм. Біомаса зоопланктону росте з півдня на північ. Влітку планктон представлений 17 таксонами. Переважають гіллястовусі, а в окремі роки, веслоногі. Найбільш багатий видовий склад зоопланктону водойми восени – 22 таксони. У цей період домінують веслоногі (47-100 % – від загальної біомаси). Половину зоопланктону складають прісноводні та евригалінні форми, частка морських не перевищує 30 %, а солонуватоводних – 17%. В 2004 р. основу зоопланктону впродовж весняно-літнього періоду Палійовської затоки склали гіллястовусі ракоподібні (кладоцера). Біомаса зоопланктонних організмів варіювала від

1,8 до 4,2 г/м³. До осені чисельність і біомаса зоопланктону знизилася. Значно зростала чисельність копепод. В середньому чисельність зоопланктону складала 20,8 тис. екз./м³, при біомасі – 3,46 г/м³.

Зообентос Хаджибейського лиману, у тому числі його верхньої частини, представлений обмеженим числом видів. Біомаса низька, що може бути наслідком значного забруднення лиману стічними водами. У лимані постійно мешкає лише 17 видів. Основу зообентосу складають поліхети, хірономіди, декаподи і амфіподи. У нижній частині лиману як за чисельністю так і за біомасою домінують хірономіди. У верхів'ях і середній частині лиману за біомасою переважають декаподи. Найбільш продуктивна середня, нижня частини лиману і Палійовська затока, де на мулистих ґрунтах (донних відкладеннях) разом з хірономідами переважають поліхети. Чисельність зообентосу тут протягом року змінювалась в межах від 100 до 24000 екз./м², а біомаса – від 3,87 до 104,65 г/м². В середньому біомаса зообентосу становить 30,4 г/м², а чисельність – 886 екз./м².

Останніми роками кормова база лиману зазнала значних змін. Узагальнені результати аналізу та закономірності зміни кількісного складу кормових організмів за період з 1994 по 2010 рр. представлені в табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Кормова база риб Палійовської затоки за 1994-2010 рр.

Біомаса основних груп кормових організмів для риб	Роки					
	1994	1995	1997	1998	2009	2010
Фітопланктон, г/м ³	20,5	13,7	11,97	4,2	29,7	54,2
Зоопланктон, г/м ³	13,9	3,2	3,5	1,6	1,5	1,8
Зообентос, г/м ²	17,5	31,6	30,4	20,4	26,4	30,1

З табл. 1.9 в першу чергу видно, катастрофічне зниження чисельності планктону в водах лиману. В 1994 р. біомаса фітопланктону у водоймі в середньому становила 20,5 г/м³, але вже в 1998 р. – тільки 4,2 г/м³. Тобто, за 5 років біомаса зменшилася в 5 разів. Аналогічна ситуація спостерігається із зоопланктоном, біомаса якого зменшилася з 1994 по 1998 рр., більш ніж в 8 разів, з 13,9 г/м³ – в 1994 р., до 1,6 г/м³ – в 1998 р. [23].

Можна виділити декілька причин такого різкого зниження чисельності фіто- і зоопланктону, що спостерігалось наприкінці минулого століття. Основною з них є зменшення в цей період об'ємів стічних вод, що скидалися в Хаджибейський лиман. Вони, безумовно, є основним джерелом надходження в біогенних елементів. Цікаво, що зниження чисельності кормових організмів по роках співпадає з падінням рівня і зменшенням об'єму води в лимані.

Іншою можливою причиною можна вважати виїдання фітопланктону молоддю рослиноїдних риб [24, 25]. Пік падіння чисельності планктону, що припадає на 1997-1998 рр. відповідає термінам зарибнення лиману та Палійовської затоки значною кількістю молоді товстолобика і коропа. Підтверджує таке припущення прогресуюче зростання біомаси фітопланктону, що спостерігалось в 2000-2008 рр., яке триває до теперішнього часу.

На зниження чисельності та біомаси зоопланктону вирішальний вплив, надало зарибнення лиману в 1997-2004 рр. великими об'ємами цьоголіток піленгаса. Кількість зообентосу в лимані практично не змінилася, що, безумовно, вказує на слабке використання цієї групи організмів.

Завершуючи аналіз стану кормової бази риб верхньої частини Хаджибейського лиману (Палійовської затоки) та штучної рибогосподарської водойми (ШВ № 1) треба відмітити, що на сьогодні ці водойми можна віднести до категорії висококормних.

Сучасний стан біомаси та продукції основних груп кормових організмів здатний забезпечити вирощування в штучній рибогосподарській водоймі (ШВ № 1) до 580 кг/га – кефалевих риб, та приблизно 650-770 кг/га – коропових риб (в основному білого товстолобика). Значну додаткову продукцію (приблизно 300-350 кг/га) можуть дати бентофаги, у а саме – глоса та бички.

1.5 Загальна характеристика біологічних ресурсів

Кожен з лиманів Північно-Західного Причорномор'я справедливо розглядається в статусі унікального природного утворення з особливим гідрологічним режимом, своєрідністю флори і фауни та структурою наземних біот, що населяють їх долини [26, 27]. Хаджибейський лиман і схили його долини на даний час можна віднести до категорії рефугіуму екосистемного значення в межах Північностепової та Середньостепової підзон Степової зони [28, 29]. З цього витікає, що відновлення екосистеми Хаджибейського лиману відповідає загальноєвропейській стратегії зберігання всього екосистемного комплексу шляхом формування екологічної мережі, концепцією якої є інтегрована система теоретичних положень і практичних прийомів, спрямованих на стабілізацію екологічної рівноваги. Для України відповідна програма була розроблена і законодавчо затверджена на 2000-2015 рр. [30-32].

Схили долини Хаджибейського лиману в екологічному відношенні являють собою мозаїку біотопів різних типів з перевагою яружно-балкових. Їх своєрідність зумовлена особливостями геоморфології, мезо- і мікроклімату, мозаїчним розподілом типів ґрунтів, експозицією схилів і сукупністю інших абіотичних факторів [1, 33, 34].

За характером схили переважно абразійно-зсувні, за винятком ділянок розвитку конусів виносу з яружно-балочної мережі. Зсувні процеси проявляються, як правило, у вигляді зсувних потоків. У верхів'ях лиману, у тому числі в басейні р Свинна зсувні деформації схилів не спостерігаються, а інтенсивність абразії низька.

1.5.1 Флористична характеристика басейну лиману

Своєрідність схилів обумовлює флористичну типологію. Між тим, відповідно до сучасного геоботанічного районування України, Хаджибейський лиман лежить в Одеському окрузі злакових і полиново-злакових степів, засолених луків, солончаків і рослинності карбонатних оголень. Цей округ належить до Чорноморсько-Азовської степової підпровінції Понтічної степової провінції Степової підобласті Євразійської степової області [35].

Степова рослинність схилів Хаджибейського лиману представлена спільнотами з пануванням ковилів (ковил Лессінга – *Stipa lessingiana*, ковил волосатик – *Stipa capillata*) і типчака валіського (*Festuca valesiaca*). На виходах вапняків концентрується петрофітно-степова рослинність з домінуванням келерії короткої (*Koeleria brevis*), чебреця двоформеного (*Thymus dimorphus*) тощо. Спільноти ковила Лессінга є найбільш наближеними до еталонних.

Амфібіальна рослинність представлена, в основному, формаціями очерету (*Phragmites australis*), осок (*Carex acutiformis*) і галофітами. Галофітна флора зосереджена вздовж берегової смуги формаціями солеросу європейського (*Salicornia europaea*), зведи (*Suaeda prostrate*) та ін. Лугова рослинність (головним чином формації пирію – *Elytrigia repentis*, вівсяниці червоної – *Festuca rubra*, тимофіївки луковій – *Phleum pratense*, конюшини лугової і білої) зосереджена у тальвегах балок на перевідкладених ґрунтах. На схилах і в балках ростуть глід, шипшина, терен, лох сріблястий.

Сформована штучно деревна рослинність зосереджена на кордоні плакору і схилів лиману. Тут розташовуються посадки з характерних для степового лісорозведення робінії (*Robinia pseudoacacia*), гледичії (*Gleditsia triacanthos*) з вкрапленнями абрикосу-жарделі, аличі. У районі с. Паліївка – мають місце соснові лісонасадження.

Рудеральні спільноти утворені дурнишниками (*Xanthium albinum*, *Xanthium strumarium*), анізантії покрівельної (*Anisantha tectorum*). У місцях випасу худоби розповсюджені спільноти з пануванням татарника колючого (*Onopordum acanthium*) і чортополоху (*Carduus acanthoides*).

Доцільно відзначити значущість особливостей флори схилів для вдосконалення заходів щодо охорони і раціонального використання запасів

сировини дикорослих лікарських рослин. Тут особливо цікавий встановлений сучасними дослідженнями той факт, що для лікування і профілактики більш ефективні лікарські рослини з району проживання хворого [36]. З таких рослин тут відзначені: горицвіт весняний (*Adonis vernalis*), буркун лікарський (*Melilótus officinális*), материнка звичайна (*Origánum vulgáre*), жовтець сірий (*Erysimum diffusum*), жостір проносний (*Rhamnus cathartica L.*), звіробій продірявлений (*Hypericum perforatum*), мордовник звичайний (*Echinops ritro*), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale*), подорожник великий (*Plantágo májor*), полини (*Artemisia spp.*), ріп'яшок аптечний (*Agrimonia eupatoria*), скумпія шкіряна (*Rhus cotinus*), спориш (*Polygonum aviculare*), деревії (*Achilléa spp.*), цикорій звичайний (*Cichorium intybus*), цмин піщаний (*Helichrýsum arenárium*), чебрець двоформний (*Thymus serpyllum*), шипшина (*Rosa spp.*), зонтик колючий (*Phlomis Pungens*), кропива дводомна (*Urtica dioica*), коров'як (*Verbascum densiflorum*), лопух великий (*Arctium lappa*) та ін.

1.5.2 Загальна ентомологічна характеристика басейну лиману

З наземною ентомофільною рослинністю тісно пов'язані комахи-запилювачі. Це насамперед дикі бджолині (*Hymenoptera, Apoidea*). По периметру схилів лиману виявлено понад 130 видів бджолиних із справжніх бджіл (*Apidae*), мегахілід (*Megachilidae*) і галіктід (*Halictidae*) та ін.

Більшість видів цих родин формують гнізда тільки на цілинних ділянках, якими є степові пологі і обривисті схили. Серед цих видів присутні спеціалізовані запилювачі люцерни (відомо, що домашня бджола люцерну не запилює) – дикі бджоли родів *Andrena*, *Melitta*, *Melitturga*, *Nomia*, *Rhopites*, *Eucera*. Доцільно відмітити наявність видів, які мають природоохоронний статус: дибка (*Saga pedo*), махаон (*Papilio machaon*), подалірій (*Iphiclides podalirius*), зегріс (*Zegris eupheme*), аврора (*Euchloe ausonia volgensis*), пістрянка (*Lygaena laeta*), ведмедиця гера (*Callimorpha quadripunctaria*), ведмедиця-хазяйка (*Callimorpha quadripunctaria*), бражник скабіозовий (*Hemaris tityus*) тощо.

1.5.3 Загальна гідробіологічна характеристика водойми

Умови формування гідробіологічної складової екосистеми Хаджибейського лиману описані в численних джерелах [21, 22, 37-40 й ін.].

За критерієм складу і структури фітопланктону в період 2000-2003 рр. Хаджибейський лиман відносять до водойм евтрофного типу [41, 42].

За літературними даними в фітопланктоні лиману налічують близько 70 таксонів водоростей видового і субвидового рангів з відділів діатомових (*Diatomeae*) дінофітових (*Dinophyta*), зелених (*Chlorophyta*), синьо-зелених (*Cyanobacteria*), евгленових (*Euglenophyta*), золотистих (*Chrysophyta*), прімінезіофітових (*Haptophyceae*), прохлорофітових (*Prochlorophyta*). Найбільша питома вага припадає на частку прісноводних і прісноводно-солонуватоводних з масовими видами *Skeletonema subsalsum*, *Cyclotella meneghiniana*, *Rhizosolenia logiseta* (*diamomei*), *Oocystis borgei*, *Monoraphidium arcuatum* (*Chlorophyta*), *Merismopedia tenuissima* (*Cyanobacteria*). Серед морських і солонуватоводних-морських масовими видами є *Leptocyclindms danicus*, *Skeletonema costatum*, *Prorocentrum micans* та ін.

У складі зоопланктону лиману в літній період було відмічено більш ніж 20 таксонів з домінуванням коловерток (*Rotifera* = *Rotatoria*), веслоногих (*Copepoda*) і гіллястовусих (*Cladocera*) ракоподібних. До теперішнього часу протягом 20 років структура спільноти зоопланктону від рівного співвідношення морських і прісноводних організмів значно зрушилася у бік переважання прісноводних видів.

За літературними даними організми сучасного мейобентосу представлені війковими хробаками (*Turbellaria*), круглими хробаками (*Nematoda*), немертинами (*Nemertini*), багатощетинковими хробаками (*Polychaeta*), малощетинковими хробаками (*Oligochaeta*), мушлевими раками (*Ostracoda*), еврибійонтами групи веслоногих рачків (*Harpacticoida*), бокоплавами (*Amphipoda*), кумовими раками (*Cumacea*), водними кліщами (*Acarina*), двостулковими молюсками (*Bivalvia*), личинками хірономід.

З десятиногих раків у лимані відзначені креветка *Palaemon elegans* і один вид крабів – *Rhythropanopeus harrisi tridentata*. Креветки поширені в усьому водоймі, а краби зустрічаються локально. У літературі також вказується, що *Palaemon elegans* був інтродукований в Хаджибейський лиман в 70-ті рр. ХХ ст. і витіснив автохтонну *Palaemon adspersus*, яка вже з початку 80-х рр. ХХ ст. не зустрічається. Креветка-вселенець значно дрібніша, тому її цінність як промислового об'єкту значно нижче.

В умовах низької солоності лиману в 1982 р. виявлявся річковий рак *Astacus pachypus*, завезений з Дністровського лиману, але в даний час він не зустрічається. Також відома спроба акліматизації в лимані далекосхідної креветки *Pandalus kessleri*, але у зв'язку з коливанням солоності цей вид не прижився.

На сьогодні фауна власне лиману представлена в основному евригалінними і галофільними видами. Відсутні понтокаспійські види, які характерні для відкритих лиманів [26, 43].

2 ГІДРАВЛІКО-МОРФОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДООБМІНУ ТА ВОДНО-СОЛЬОВОГО РЕЖИМУ ВОДОЙМ

Для оцінки водно-сольового режиму водойм (лиманів, озер, водосховищ, ставків і т. п.) необхідні наступні морфометричні характеристики: площі водної поверхні (F , млн. м²) та об'єми води (W , млн. м³) водойм, при різних рівнях води в них (H , м БС або м ум.). До основних морфометричних характеристик водойм також відносяться: довжина водойми (L , м) – відстань між двома найбільш віддаленими точками берегової лінії водойми; середня ширина водойми ($B_{сер}$, м) – відношення площі водної поверхні (F , м²) до довжини водойми (L , м); максимальна ($B_{макс}$, м) і мінімальна ширина водойми ($B_{мин}$, м) – визначаються по поверхні води; довжина берегової лінії (S , м); максимальна глибина водойми ($h_{макс}$, м); середня глибина водойми ($h_{сер}$, м) – визначається як відношення об'єму води у водоймі (W , м³) до площі її водної поверхні (F , м²). Для визначення цих морфометричних характеристик необхідні плани водойм в ізобатах. Для побудови батиметричних карт водойм були використані дані гідрометричних вимірювань (промірів глибин), які були отримані за результатами натурних гідрографічних досліджень ОДЕКУ в 2011 р., що виконувалися в комплексі гідроекологічних робіт (топографо-геодезичних, гідрологічних, гідрографічних, гідрохімічних, гідробіологічних) водойм верхньої частини Хаджибейського лиману.

Перед початком комплексних натурних гідроекологічних досліджень водних об'єктів басейну р. Свинна та верхньої частини Хаджибейського лиману (Палійовська затока) було виконано аналіз картографічних матеріалів і супутникових знімків та складено схему виконання вимірювальних робіт, а саме: визначено шляхи під'їзду до ставків, водосховищ і копаней, місцезположення населених пунктів, призначені гідрометричні створи та пункти спостереження за хімічним складом води і т. п.

Також здійснено перевірку та підготовку геодезичних, радіонавігаційних, гідрометричних, гідрохімічних і гідробіологічних приладів, устаткування та посуду, а саме: GPS-приймачів, нівеліра, нівелірної рейки, штатива для нівеліра, землемірної стрічки, ехолота, гідрометричної штанги, поверхневих поплавців, приладів і посуду для гідрохімічних та гідробіологічних робіт тощо.

Виконання батиметричної зйомки на заповнених водою ШВ було заплановано за повздовжніми створами і косими галсами, що дозволяє достатньою мірою відобразити характер рельєфу їх дна з необхідною точністю.

Координацію промірних робіт, пунктів визначення мінералізації, фізико-хімічних властивостей води та гідробіологічних досліджень було заплановано виконувати радіонавігаційними засобами.

На пересохлих водоймах вимірювання відміток ложа дна було заплановано виконувати шляхом технічного нівелювання від мінімальних точок

дна до максимальних відміток (поверхня дамб, поверхня дна водопропускних споруд, характерні границі високих вод), а координацію точок нівелювання та урізів води, визначених по границі високих вод – здійснювати GPS-приймачами та за допомогою карт і супутникових знімків. Для виконання батиметричної та геодезичної зйомок і вимірювання витрат води перевірені та підготовлені геодезичні та гідрометричні прилади: GPS-навігатори-приймачі, нівелір, нівелірна рейка, штатив, землемірна стрічка, ехолот, гідрометрична штанга, поверхневі поплавці, секундомір. При перевірці нівеліра повинна виконуватися наступна головна умова: вісь візирної лінії повинна бути горизонтальною. У роботі використовувався нівелір типу Н-3, для якого ця умова визначається, як: вісь циліндричного рівня повинна бути паралельна візирній осі зорової труби. Для нівеліру Н-3 (заводський номер 19674, повірений в державному підприємстві «Одесастандартметрологія» 16.11.2011 р.), що використовувався в роботі, похибка дорівнювала 0 мм, тобто він був повністю підготовлений.

При промірах глибин у водоймах використовувався електронний ехолот Fishfinder-250, фірми Garmin (заводський номер 50508248, свідоцтво про державну метрологічну атестацію № 274-01-ГМ від 16.09.2011 р.). Цей електронний ехолот є сонаром нового покоління, завдяки своїм малим габаритам та інтеграції з комп'ютером і GPS-навігаторами по СОМ-порту. Випромінювач ехолоту було закріплено на транці промірного човна.

Для координування промірів глибин (визначення координат промірних вертикалей), точок нівелювання, пунктів визначення мінералізації, фізико-хімічних властивостей води та гідробіологічних досліджень було використано сучасну апаратуру супутникової навігації (GPS-навігатор-приймач) фірми Garmin, а саме: GPS-72 (заводський номер 82335369, свідоцтво про державну метрологічну атестацію № 299-01-ГМ від 05.10.2011 р.) та навігаційно-геодезичний GPS комплекс Leica SR20 (zareєстрований в Державному реєстрі засобів вимірювальної техніки за номером У2664-08). При цьому точність планової прив'язки (визначення місця положення промірної вертикалі, точок нівелювання тощо) при використанні GPS-72 складає до 1-4 м (в залежності від кількості прив'язок до супутників), а при використанні навігаційно-геодезичного GPS комплексу Leica SR20 – 2-10 мм.

Батиметрична зйомка (проміри глибин) – це вид гідрологічних вимірювань, який дозволяє отримати інформацію про відстань від поверхні води до дна, тобто глибину водойми, для визначення рельєфу її дна.

При виконанні промірів глибин на водоймах виконуються наступні роботи: 1) призначаються промірні створи (галси); 2) визначається положення промірних точок (вертикалей); 3) фіксуються рівні води на початку та по завершенню промірних робіт (на основному або тимчасовому водомірному постах); 4) вимірюються глибини на промірних вертикалях у створах; 5) одночасно визначається характер ґрунту дна водойми.

Проміри глибин виконуються дискретним методом (глибини вимірюються в окремих точках) акустичним способом (ехолокацією) або механічним – з використанням гідрометричної штанги. Визначення координат промірних вертикалей виконується за допомогою GPS-навігатора (приймача).

На пересохлих водоймах зйомка рельєфу дна виконується геодезичними та радіонавігаційними засобами. При цьому, як і при виконанні батиметричної зйомки, призначаються створи та галси, які в цьому випадку називаються нівелювальними ходами, для виконання технічного нівелювання поверхні дна пересохлої водойми від найнижчої точки до характерних границь високих вод, поверхні греблі тощо. Для цього були використані наступні прилади та обладнання: 1) нівелір (Н-3); 2) рейка нівелірна (РН-3000С); 3) тринога (штатив); 4) мірна стрічка; 5) металевий башмак. Визначення координат точок нівелювання (у тому числі характерних границь високих вод) виконувалося за допомогою апаратури супутникової навігації (GPS-навігатор-приймач).

2.1 Сучасні батиметричні карти, об'єми та площі водної поверхні водойм

За результатами батиметричної та геодезичної зйомок (див. Додаток А) водойм гирлової ділянки р. Свинна (від ШВ № 1 до ШВ № 5), для кожної з них побудовані плани водойм в ізобатах, кривих об'ємів і площ водної поверхні та середніх глибин водойм (рис. 2.1-2.20). Плани водойм в ізобатах побудовані в системі координат WGS-84, де X , м та Y , м – це прямокутні координати.

В зв'язку з тим, що стаціонарні водомірні спостереження в верхній частині Хаджибейського лиману (Палійовська затока) та на водоймах гирлової частини р. Свинна не виконуються, для кожної водойми на період вимірювань були організовані тимчасові пальові водомірні пости та (або) призначені репера. Висотна прив'язка нулів спостережень (поверхонь паль) та (або) реперів до Балтійської системи висот (м БС) здійснювалась технічним нівелюванням до Рр 6 на основному водомірному посту на лимані в с. Усатове. Нівелювання виконувалося в тиху погоду (без вітру) та при спокійній поверхні води в лимані та інших водоймах. Приймалося, що відмітка поверхні води в лимані, при вказаних погодних умовах і спокійній водній поверхні, на ділянках в/п. в с. Усатове та зат. Палійовській мають одне і теж значення, тобто знаходяться в одній горизонтальній площині. Далі нівелювальний хід вівся від водної поверхні зат. Палійовської до водної поверхні ШВ № 5 (див. Додаток А).

На всіх водоймах нулі спостережень тимчасових водомірних постів та (або) реперів вибиралися в залежності від висоти греблі та характерних границь високих вод. Крім того прийнято, що на кожному водомірному посту відмітка нуля графіка співпадає з нулем спостережень. Відмітки поверхні води у водоймах, визначені за результатами нівелювання, представлені в табл. 2.1.

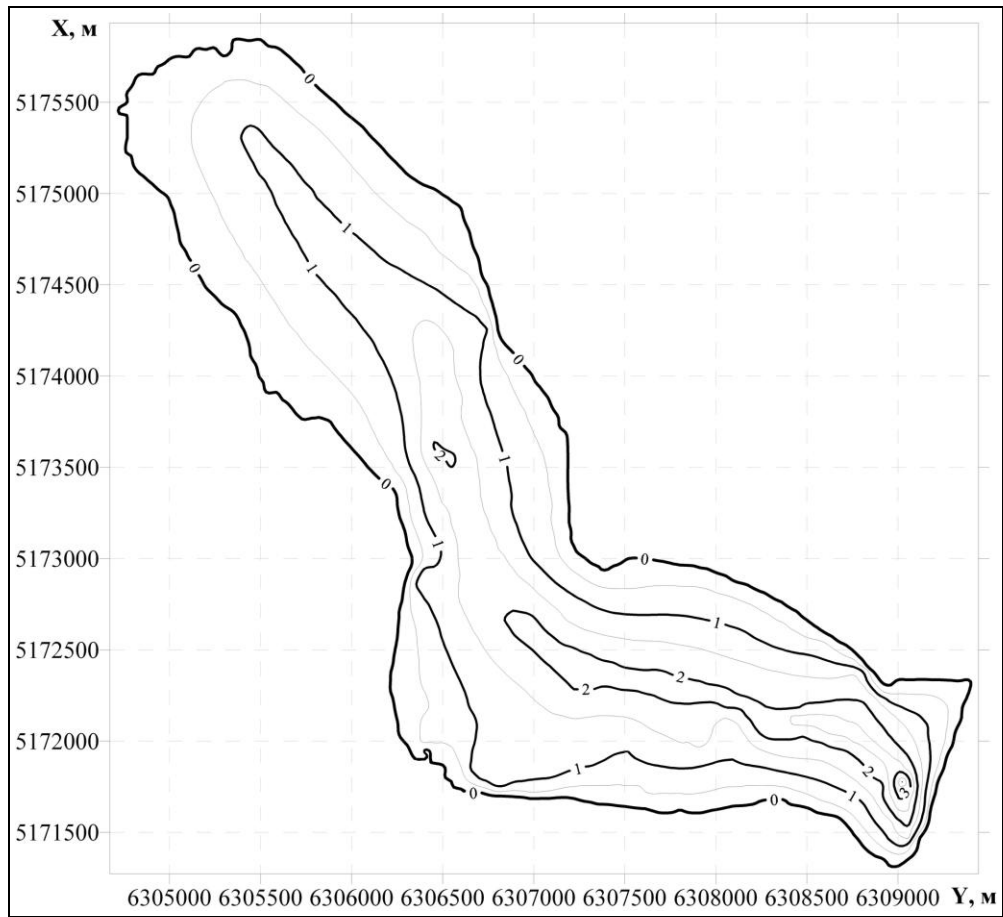


Рисунок 2.1 – План ШВ № 1 (ШРГВ) в ізобатах, станом на липень 2011 р. (відмітка поверхні води становить 0,55 м БС):
X та Y – прямокутні координати в системі координат WGS-84, м

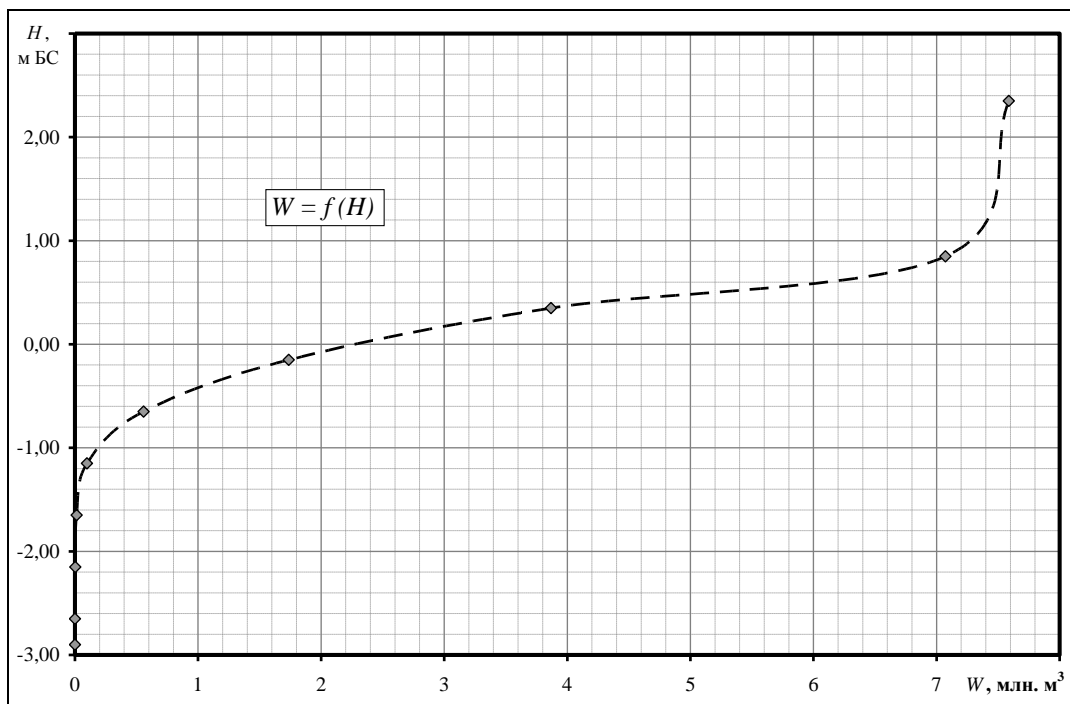


Рисунок 2.2 – Крива об'ємів води ШВ № 1 (ШРГВ)

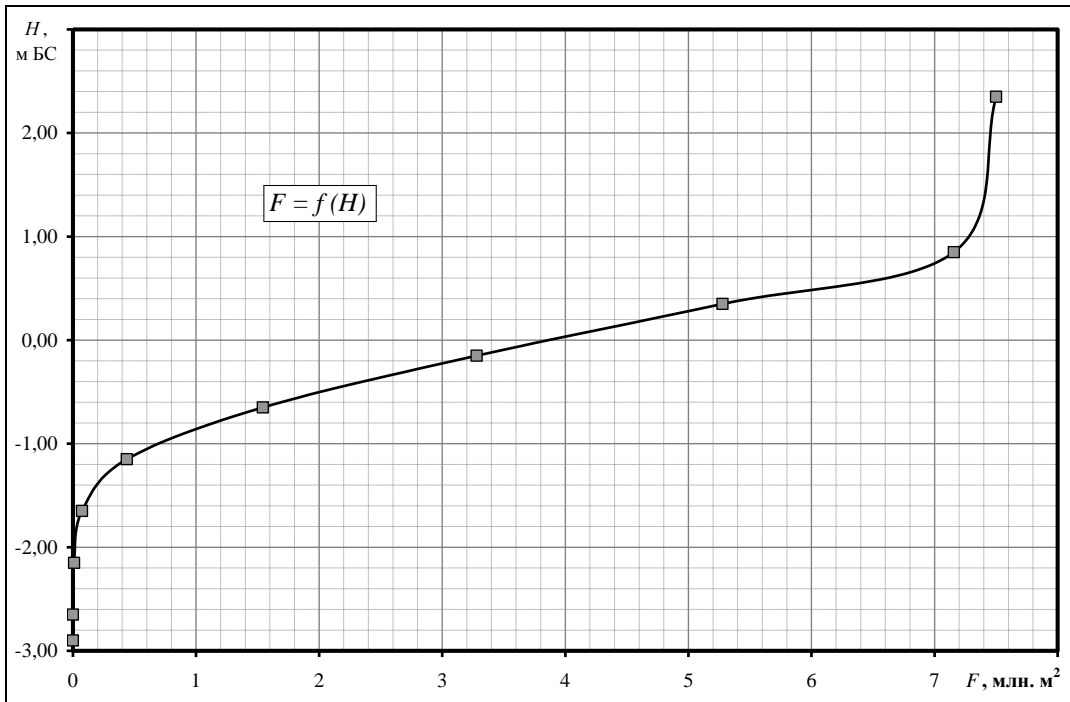


Рисунок 2.3 – Крива площ водної поверхні ШВ № 1 (ШРГВ)

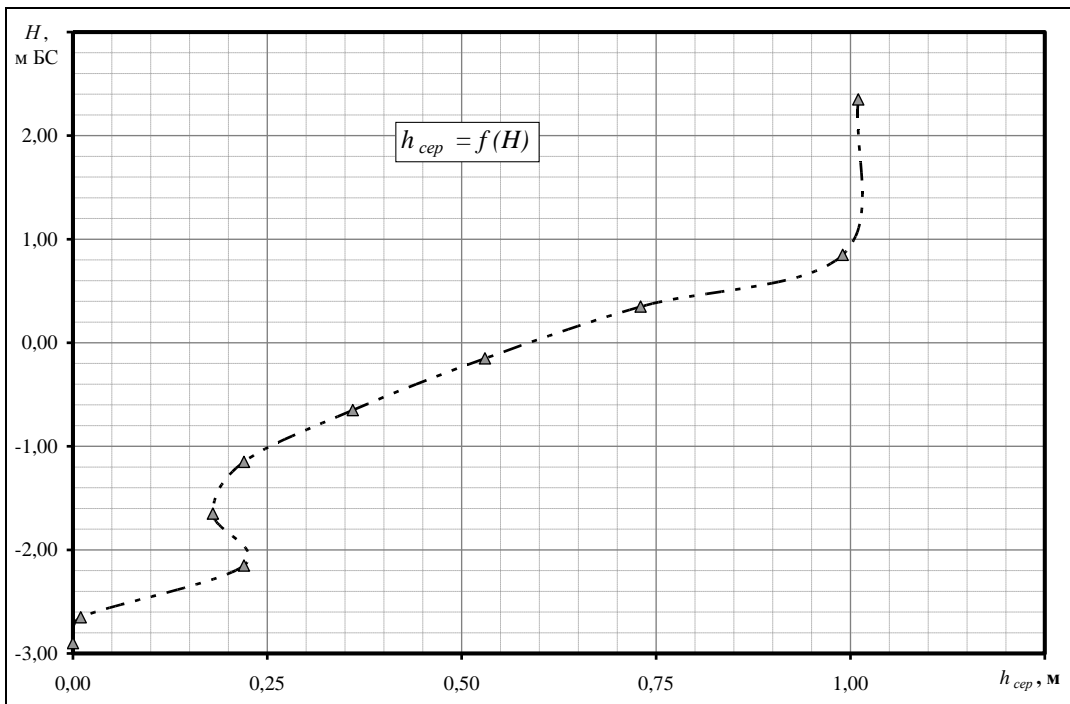


Рисунок 2.4 – Крива середніх глибин ШВ № 1 (ШРГВ)

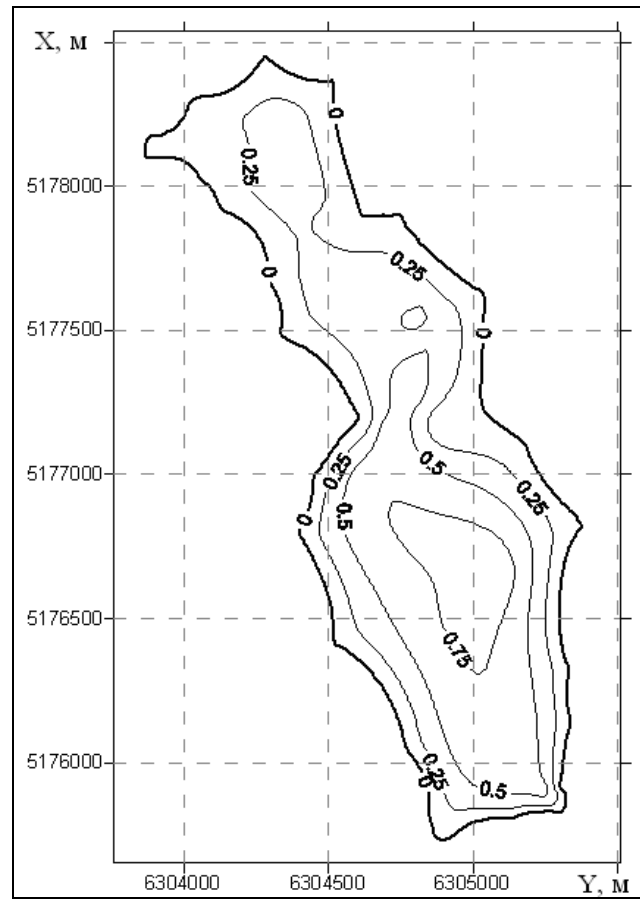


Рисунок 2.5 – План ШВ № 2 в ізобатах,
станом на жовтень 2011 р. (відмітка поверхні води становить 0,98 м БС):
X та Y – прямокутні координати в системі координат WGS-84, м

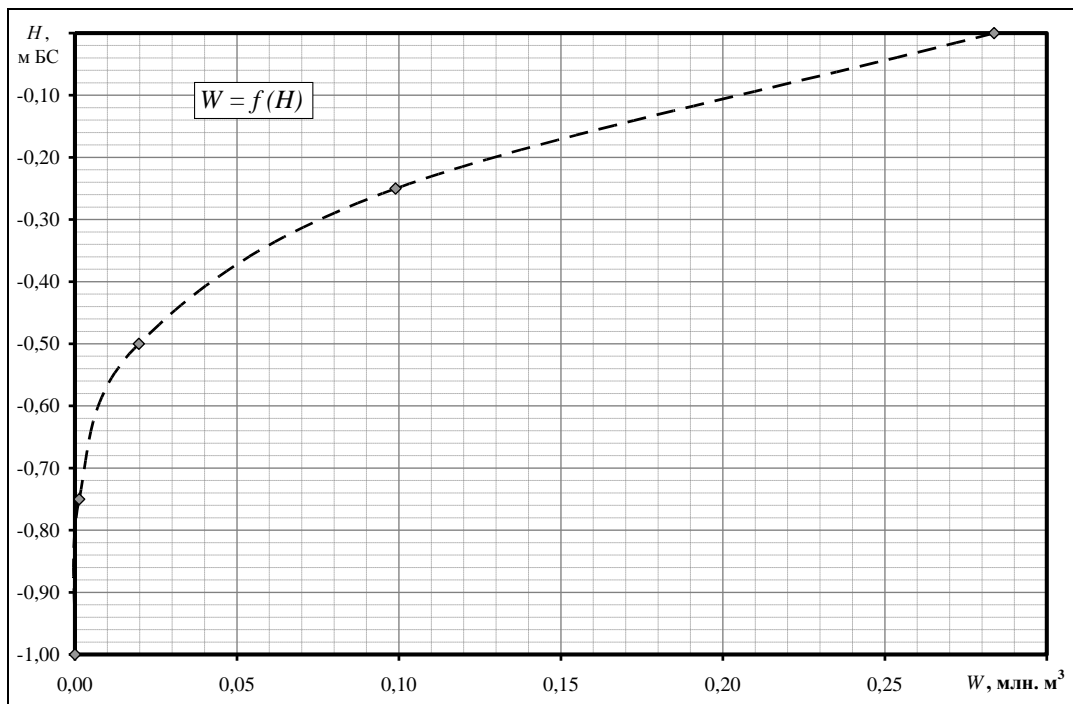


Рисунок 2.6 – Крива об'ємів води ШВ № 2

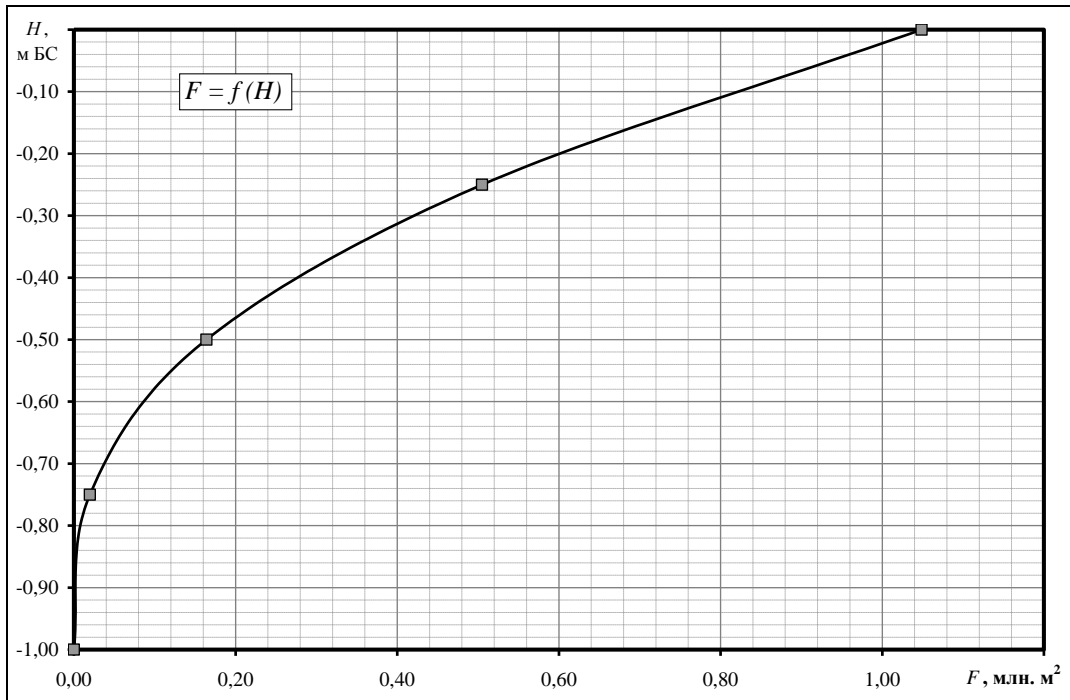


Рисунок 2.7 – Крива площ водної поверхні ШВ № 2

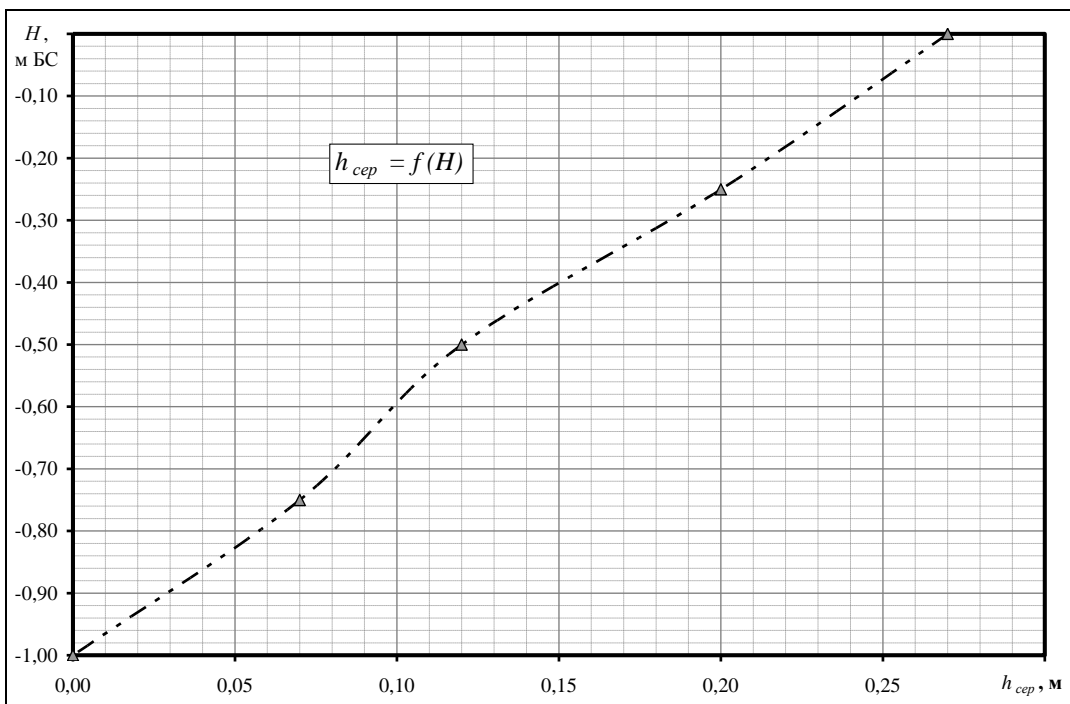


Рисунок 2.8 – Крива середніх глибин ШВ № 2

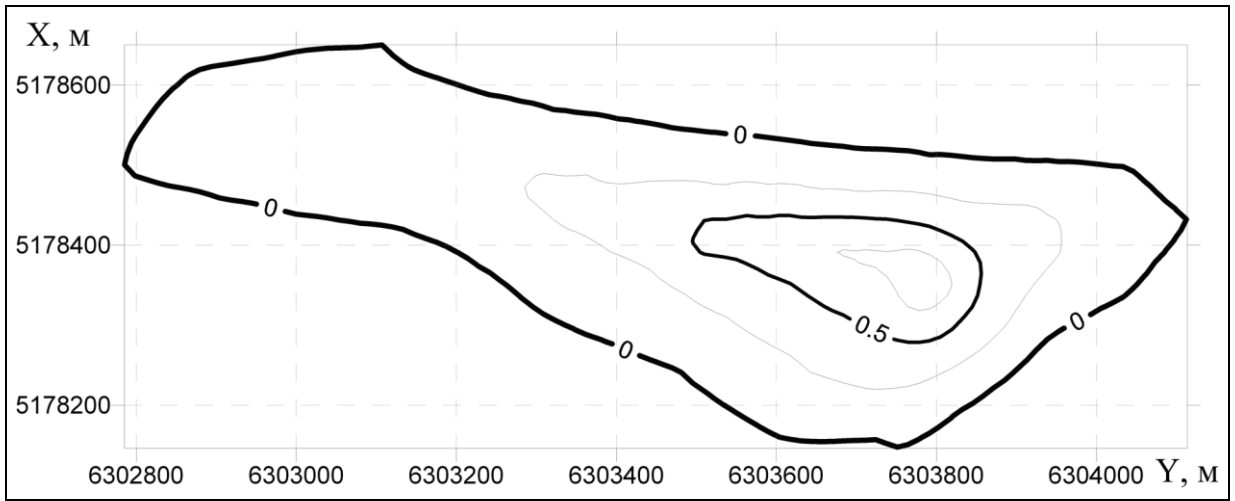


Рисунок 2.9 – План ШВ № 3 в ізобатах,
 станом на липень 2011 р. (відмітка поверхні води становить 1,73 м БС):
 X та Y – прямокутні координати в системі координат WGS-84, м

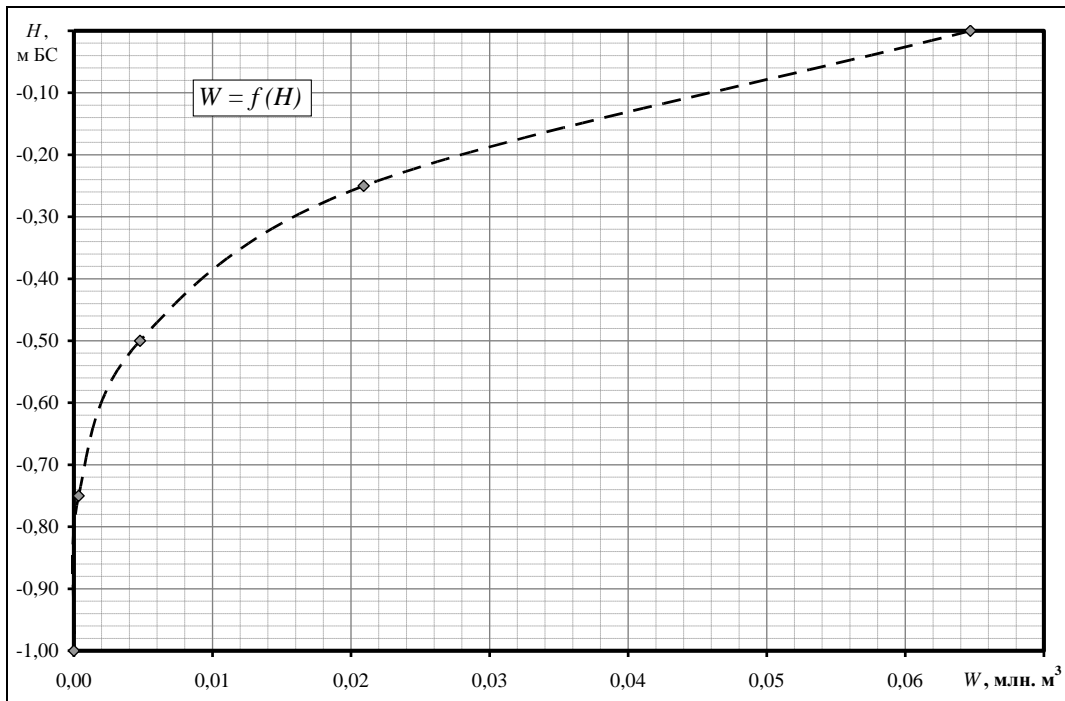


Рисунок 2.10 – Крива об'ємів води ШВ № 3

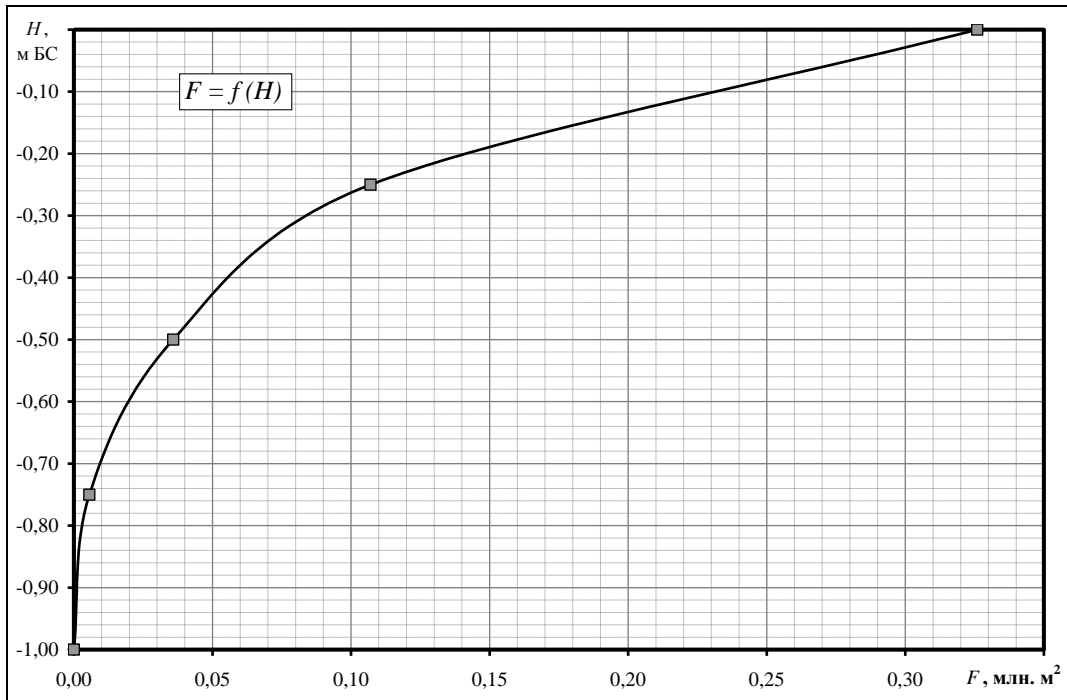


Рисунок 2.11 – Крива площ водної поверхні ШВ № 3

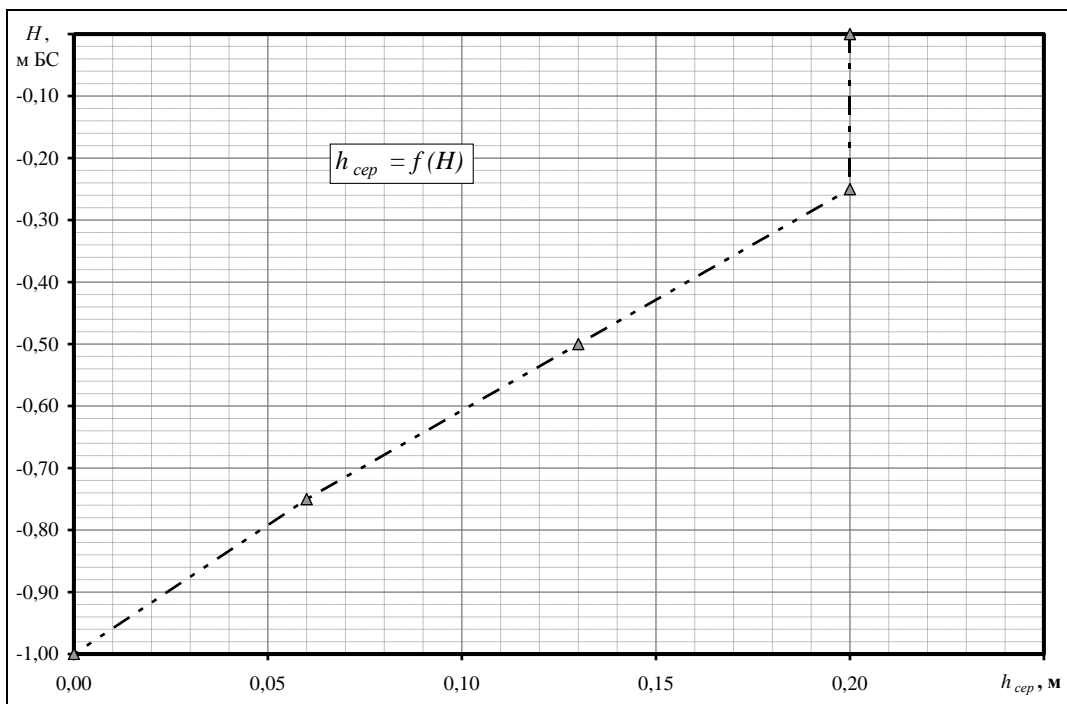


Рисунок 2.12 – Крива середніх глибин ШВ № 3

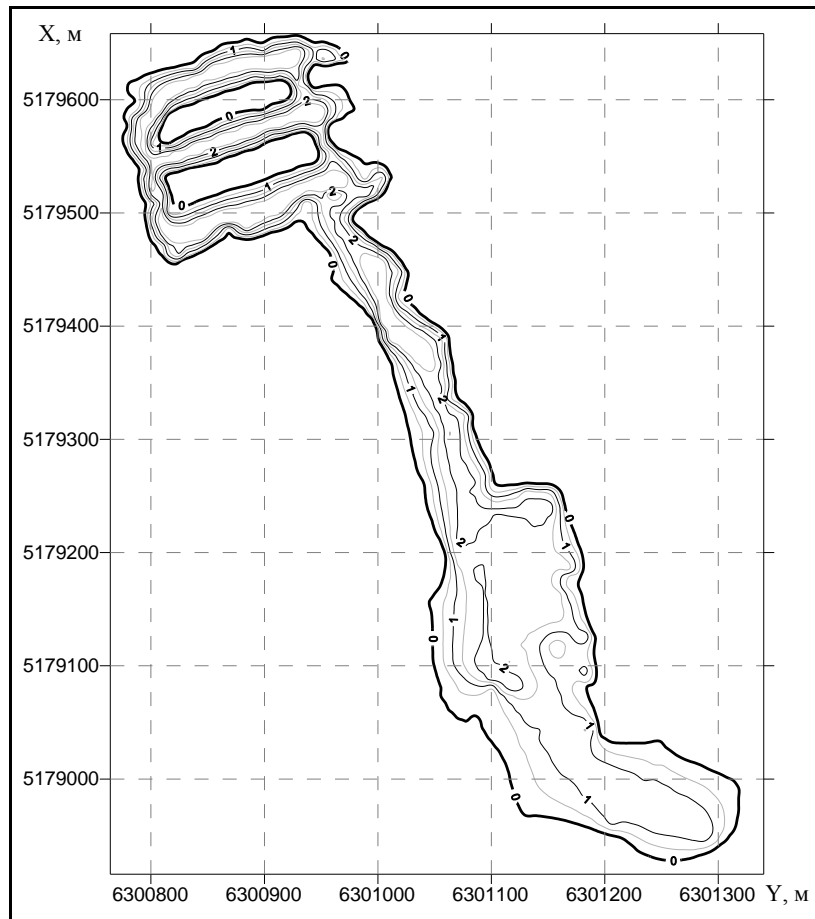


Рисунок 2.13 – План ШВ № 4 (4/2) в ізобатах, станом на жовтень 2011 р. (відмітка поверхні води становить 2,64 м БС):
X та Y – прямокутні координати в системі координат WGS-84, м

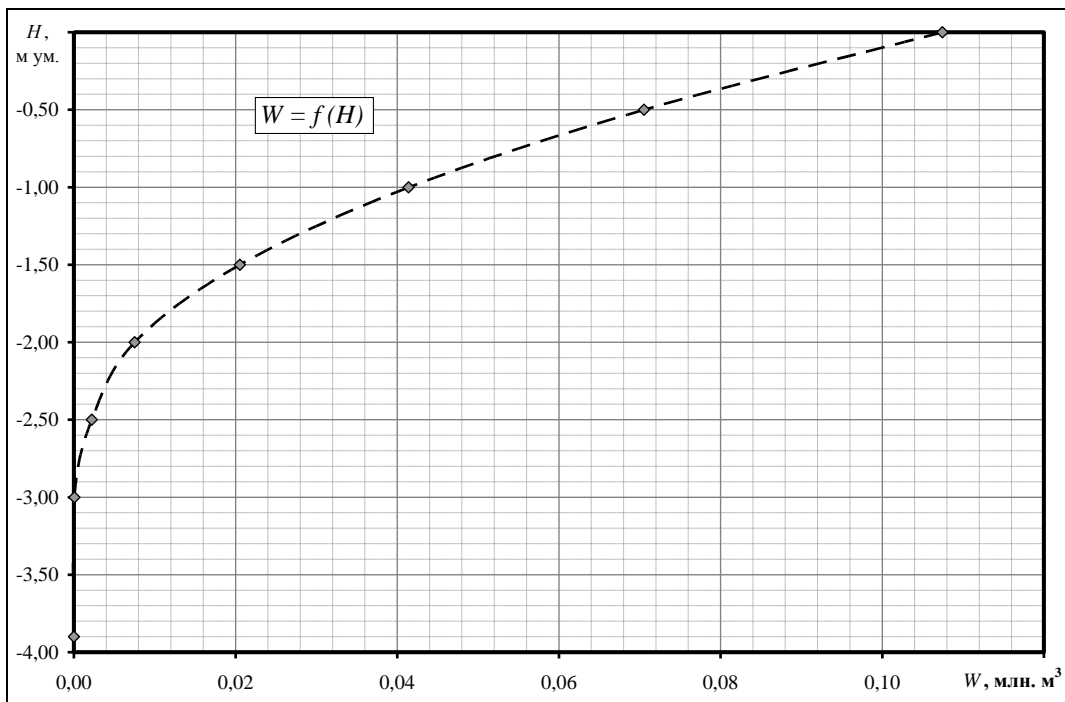


Рисунок 2.14 – Крива об'ємів води ШВ № 4 (4/2)

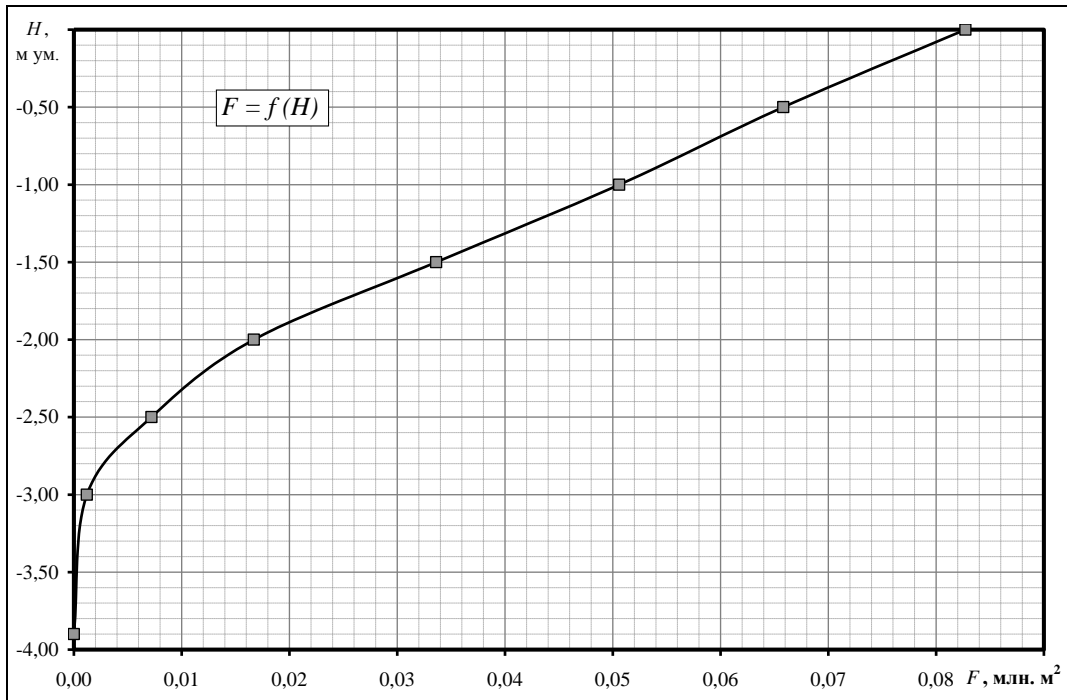


Рисунок 2.15 – Крива площ водної поверхні ШВ № 4 (4/2)

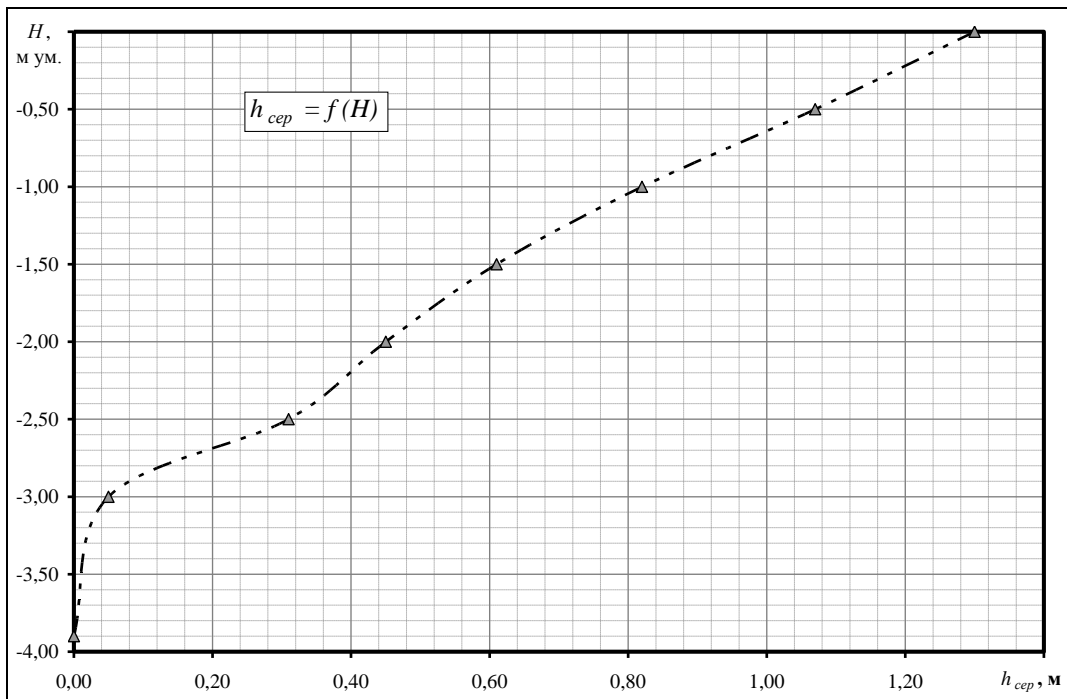


Рисунок 2.16 – Крива середніх глибин ШВ № 4 (4/2)

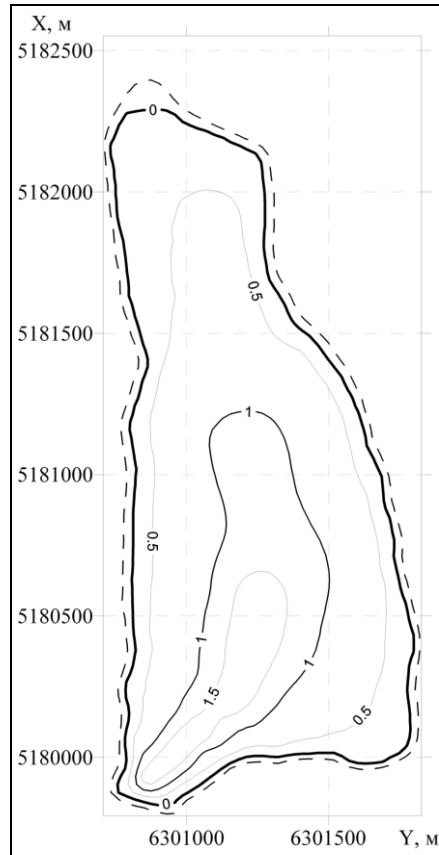


Рисунок 2.17 – План ШВ № 5 в ізобатах,
станом на липень 2011 р. (відмітка поверхні води становить 3,85 м БС):
X та Y – прямокутні координати в системі координат WGS-84, м

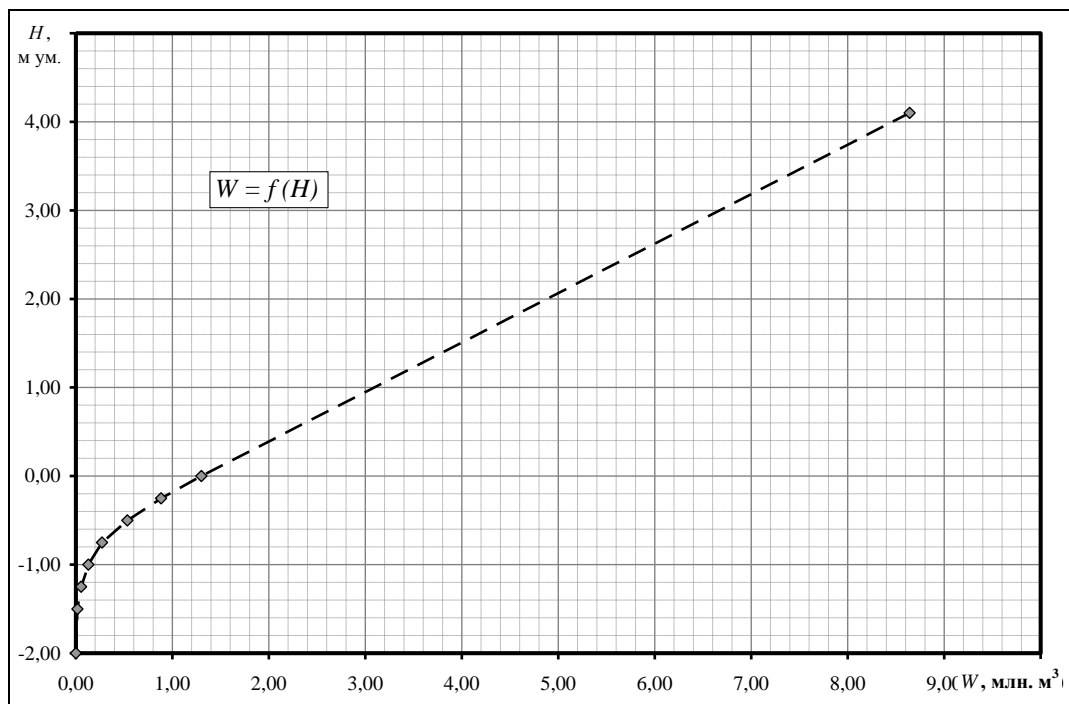


Рисунок 2.18 – Крива об'ємів води ШВ № 5

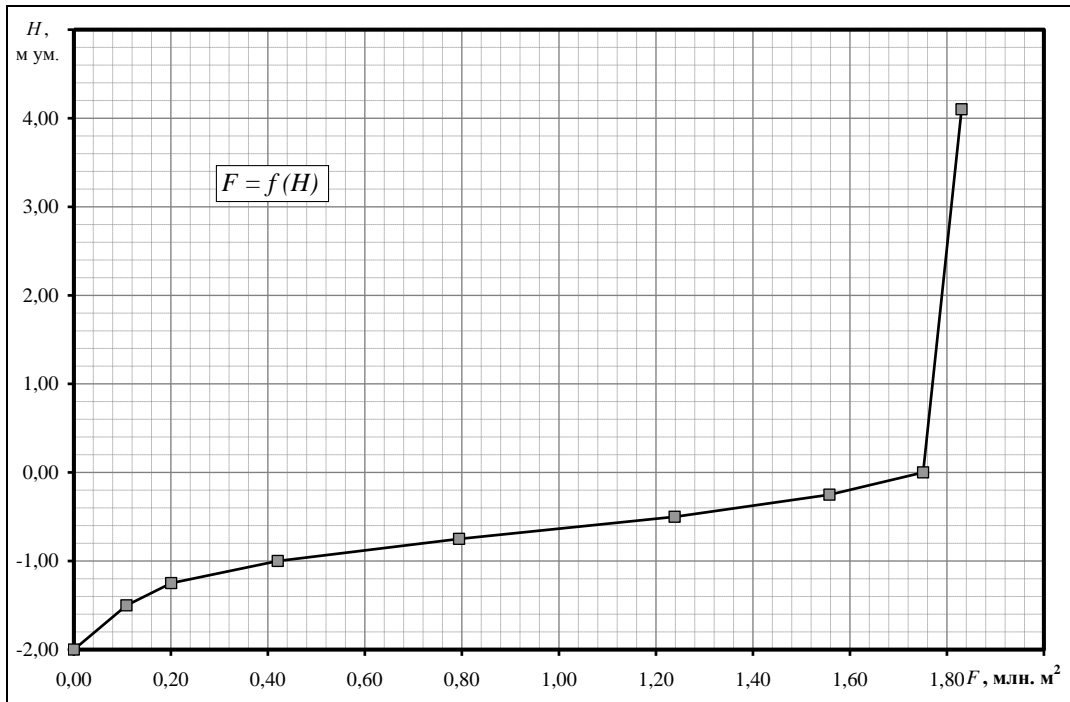


Рисунок 2.19 – Крива площ водної поверхні ШВ № 5

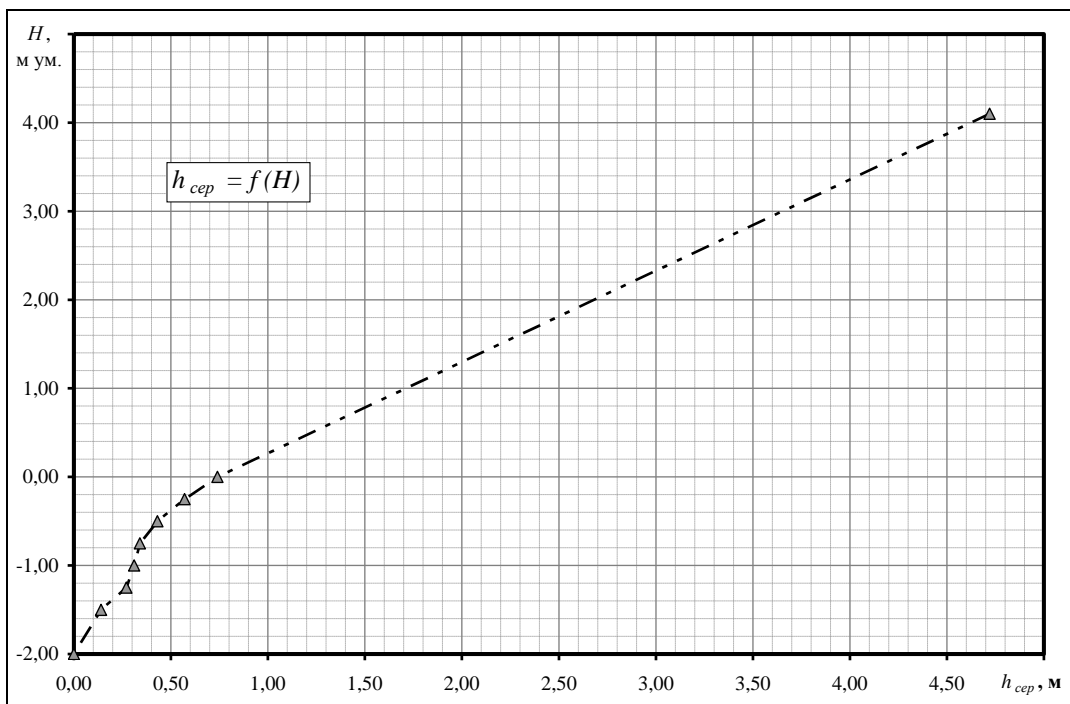


Рисунок 2.20 – Крива середніх глибин ШВ № 5

Таблиця 2.1 – Рівні води ШВ гирлової ділянки р. Свинна, визначені за даними нівелювання ОДЕКУ в 2011 р.

№ штучної водойми (ШВ)	Рівень води, м БС			
	Найвищий (при максимальному наповненні ШВ)	Липень 2011 р.	Жовтень 2011 р.	Листопад 2011 р.
1	3,00	0,60	1,15	1,18
2	3,00	0,00	0,98	1,15
3	3,25	1,73	1,28	1,34
4/1	3,70	1,73	1,28	1,34
4/2	3,70	3,00	2,64	2,74
5	7,60	3,85	3,52	3,00

За результатами нівелювання поверхні води та дна (див. Додаток А) було побудовано повздовжній профіль дна гирлової ділянки р. Свинна від греблі ШВ № 5 – с. Єгорівка, до греблі ШВ № 1 – с. Алтестове (рис. 2.21).

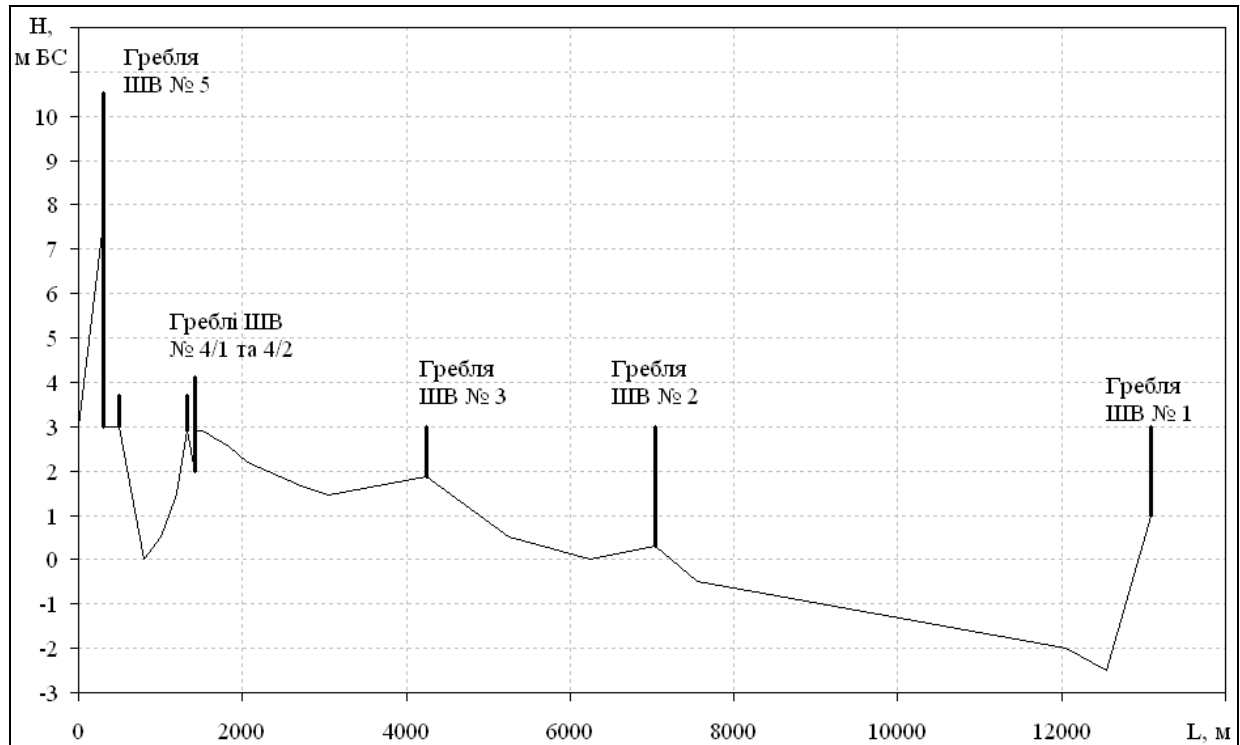


Рисунок 2.21 – Повздовжній профіль дна гирлової ділянки р. Свинна від греблі ШВ № 5 – с. Єгорівка, до греблі ШВ № 1 – с. Алтестове (за початок прийнята границя води в ШВ № 5 станом на 08.10.2011 р.)

З рис. 2.22 видно, що відмітки поверхні гребель становлять 3,0-4,1 м БС – ШВ № 1-4, та майже 10,7 м БС – ШВ № 5, а відмітки дна їх водопропускних споруд – від 7,6 м БС – ШВ № 5, до 0,3-2,0 м БС – ШВ № 1-4.

Таким чином, при закритих водопропускних спорудах та максимальному наповненні всіх ШВ гирлової ділянки р. Свинна ($H_{\text{макс}} \approx 3,00$ м БС – ШВ № 1-4, $H_{\text{макс}} \approx 7,00$ м БС – ШВ № 5) об'єм акумульованої в них води приблизно становитиме 31,8 млн. м³, а загальна площа водної поверхні – 12,2 млн. м².

2.1.1 Характеристика водопропускної споруди між ШВ № 1 та ПЗ

Водопропускна споруда (шандори або шандорний вузол) в дамбі між Палійовською затокою та штучною рибогосподарською водоймою (рис. 2.22) Регіонального дослідно-експериментального комплексу (ШВ № 1) на ділянці між с. Паліївка та с. Алтестове розташована з південної сторони дамби (навігаційні координати в системі WGS-84: 46°38'57" пн. ш. та 30°30'23" сх. д.), складається:

- п'яти водовипусків, кожний з яких має ширину близько $b_b = 5$ м;
- чотирьох биків та двох устоїв прямокутної форми, кожний з яких має ширину в середньому $b_b = b_y = 0,5$ м;
- загальна ширина водовипуску (з биками) становить $B = 27$ м;
- загальна ширина безпосередньо водовипусків складає $B_b = 25$ м;
- загальна висота отворів водовипусків становить в середньому $h_b = 3$ м;
- загальна площа отворів водовипусків становить $F_b = 75$ м²;
- відмітка дна отворів водовипусків в середньому складає $H_b = 1,00$ м БС.

Виміряні витрати води:

- 13.07.2011 р., 17⁰⁰, $H_{\text{ХЛ}} = 1,58$ м БС, $Q \approx 1,20$ м³/с;
- 14.07.2011 р., 9⁰⁰, $H_{\text{ХЛ}} = 1,57$ м БС, $Q \approx 1,00$ м³/с;
- 30.07.2011 р., 13⁰⁰, $H_{\text{ХЛ}} = 1,58$ м БС, $Q \approx 4,78$ м³/с.

2.1.2 Характеристика каналу між ШВ № 2 та № 1

Водопропускною спорудою між ШВ № 2 та № 1 є канал (рис. 2.23). Визначені наступні характеристики каналу:

а) відмітка дна каналу (у тому числі шандорів) до розчистки, здійсненої адміністрацією та мешканцями с. Отрадове та с. Болгарка 15-20 серпня 2011 р., становила 1,40-1,50 м БС, а після розчистки – в середньому 0,70 м БС;

б) ширина каналу (в створі моста Отрадове-Болгарка), після розчистки, здійсненої 15-20 серпня 2011 р., становить 3,40 м;

в) виміряні витрати води в каналі (після розчистки):

- $Q \approx 1,72$ м³/с (рух води з ШВ № 1 в № 2, 07.10.2011 р., 15³⁰);
- $Q \approx 0,40$ м³/с (рух води з ШВ № 1 в № 2, 12.11.2011 р., 12⁵⁵).

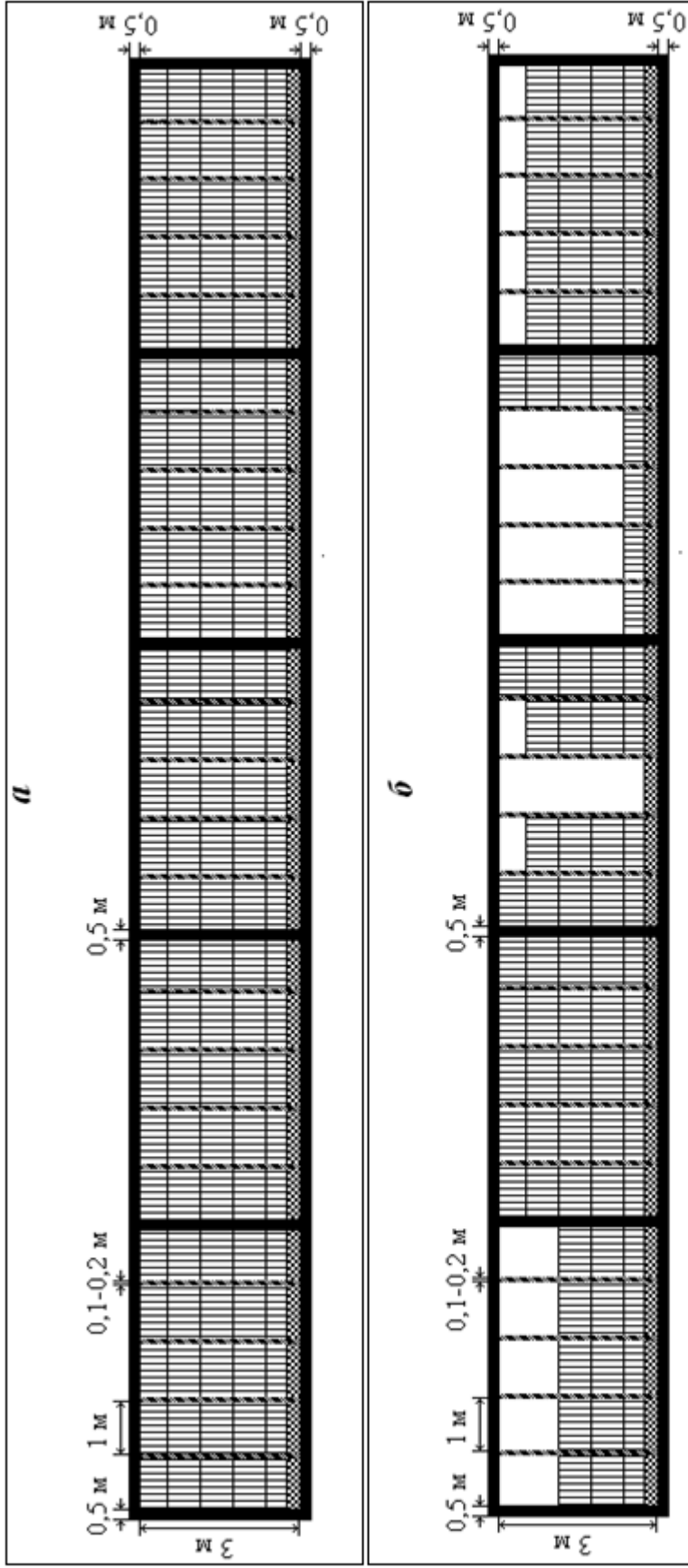


Рисунок 2.22 – Поперечний переріз водопропускної споруди (шандорів) в дамбі між Папайовської затокою Хаджибейського лиману та штучною рибгосподарською водоймою Регіонального дослідно-експериментального комплексу (ШВ № 1) на ділянці між с. Палівка та с. Алтестове (**а** – відповідно до проекту, **б** – станом на 30.07.2011 р.):

a***б***

Рисунок 2.23 – Водопроектна споруда (канал) між ШВ № 2 та № 1:

a – фото від 13.07.2011 р. (до розчистки);

б – фото від 12.11.2011 р. (після розчистки)

2.2 Оцінка гідравлічних характеристик водно-сольового режиму водойм

При дослідженні сучасного водно-сольового режиму водної екосистеми верхньої частини Хаджибейського лиману – Палійовської затоки та водойм гирлової ділянки р. Свинна, перш за все необхідно оцінити водообмін між Палійовською затокою й штучними рибогосподарськими водоймами (ШРГВ) ШВ № 1-2 Регіонального дослідно-експериментального комплексу (РДЕК).

2.2.1 Мінералізація та рівні води водойм

За даними ОДЕКУ в 2011 р. мінералізація води Хаджибейського лиману майже не змінювалася і складала в середньому по акваторії водойми 6,5 ‰ – в липні та 6,1 ‰ – в жовтні (табл. 2.2), але солоність води ШВ № 1 становила приблизно 25-30 ‰ – в липні-серпні, та 14-16 ‰ – в жовтні-листопаді 2011 р.

Таблиця 2.2 – Мінералізації та рівні води верхньої частини Хаджибейського лиману на ділянці від дамби між Палійовською затокою (ПЗ) та ШВ № 1 і дамбою між ШВ № 1 та № 2 (між с. Отрадове і с. Болгарка) за даними ОДЕКУ в період з липня по листопад 2011 р.

№ п/п	Дата, дд.мм.рр.	$H_{ПЗ}$, м БС	H_1 , м БС	H_2 , м БС	$\alpha_{ПЗ}$, мг/дм ³	$\alpha_{1-дамба}$, мг/дм ³	$\alpha_{1-рибгосп}$, мг/дм ³	$\alpha_{1-міст}$, мг/дм ³	α_2 , мг/дм ³
1	01.07.11	1,56	0,55	0,00	6,22	30,0	30,0	30,0	-
2	13.07.11	1,58	0,60	0,00	6,22	6,92	29,8	28,1	-
3	30.07.11	1,58	0,90	0,00	5,50	5,88	25,5	26,7	-
4	01.09.11	1,47	1,30	-	-	-	-	-	-
5	07.10.11	1,30	1,15	0,98	6,10	6,10	16,6	17,2	20,0
6	12.11.11	1,28	1,18	1,15	6,24	6,24/10,5	15,8	15,8	25,0
7	25.11.11	$H_{ПЗ} \approx H_1 \approx H_2$			-	$\alpha_1 \approx 16 \text{ ‰}$ (за даними РДЕК)			-

Пояснення до таблиці:

$H_{ПЗ}$ – рівень води ПЗ в метрах Балтійської системи висот, м БС;

H_1 – рівень води ШВ № 1 в метрах Балтійської системи висот, м БС;

H_2 – рівень води ШВ № 2 в метрах Балтійської системи висот, м БС.

$\alpha_{ПЗ}$ – мінералізація води ПЗ, мг/дм³;

$\alpha_{1-дамба}$ – мінералізація води на ділянці шандорів дамби ШВ № 1, мг/дм³;

$\alpha_{1-рибгосп}$ – мінералізація води на ділянці рибгоспу ШВ № 1, мг/дм³;

$\alpha_{1-міст}$ – мінералізація води ШВ № 1 поблизу шандорів (1, 13, 30.07.11 р.) та в створі моста (07.10, 12.11.11 р.) між с. Отрадове та с. Болгарка, мг/дм³;

α_2 – мінералізація води ШВ № 2 поблизу дамби в с. Хоминка, мг/дм³.

Така значна відмінність (в 3-5 разів) між солоністю води Хаджибейського лиману та ШРГВ (ШВ № 1) викликана відсутністю припливу поверхневих вод з водозбірного басейну р. Свинна та порушенням водообміну між Палійовською затокою Хаджибейського лиману і цією рибогосподарською водоймою.

В зв'язку з відсутністю стаціонарних гідрологічних та гідрохімічних спостережень, оцінка гідравлічних характеристик водообміну цих водойм виконувалася за методикою наведеною нижче.

2.2.2 Оцінка пропускної здатності водопропускних споруд

Для оцінки пропускної здатності водопропускних споруд у вигляді каналів й інших гідравліко-морфометричних характеристик, при відсутності стаціонарних спостережень за витратами води, об'єми припливу-стоку води через них обчислюються за гідравлічною формулою Шезі-Маннінга [45-47]:

$$Q = F \cdot V_{\text{сер}} = \frac{F}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}, \quad (2.1)$$

де F – площа водного перерізу каналу (для шандорного вузла між ПЗ та ШВ № 1 вона розраховувалася без урахування площі опор або биків моста), м²;

R – гідравлічний радіус русла каналу (дорівнює середній глибині $h_{\text{сер}}$), м;

I – п'єзометричний уклон водної поверхні в каналі (в частках від одиниці);

n – коефіцієнт шорсткості русла каналу.

Площа водного перерізу каналу F залежить від рівня води у водоймі, та визначається за рівнянням

$$F = B_{\text{сер}} \cdot h_{\text{сер}}, \quad (2.2)$$

де $B_{\text{сер}}$ – середня ширина каналу (або каналів шандорного вузла), м.

В розрахунках прийнято, що гідравлічний радіус русла каналу R приблизно дорівнює середній глибині каналу $h_{\text{сер}}$, яка головним чином залежить від рівня води у водоймі.

П'єзометричний уклон водної поверхні в каналі I визначається за наступним рівнянням:

$$I = \frac{H_2 - H_1}{l}, \quad (2.3)$$

де l – довжина русла каналу (або каналів шандорного вузла), м.

Коефіцієнт шорсткості русла каналу n приймався експертним шляхом, у відповідності до довідникової літератури з річкової гідравліки [45-47], та при сучасному стані водопропускних споруд (каналу та шандорів) становить 0,050, тобто значення, яке приймається для чистих русел тимчасових водотоків, русел і заплав частково зайнятих кущами або стволами дерев (у даному випадку – опори мостів, інші конструкції), з бурхливим рухом води.

Об'єм припливу-стоку води по каналу (або каналам шандорного вузла) для будь-якого розрахункового періоду часу визначається шляхом перемноження розрахованої витрати води (при заданих умовах) на кількість секунд в розрахунковому періоді.

Добовий приплив води з Палійовської затоки до ШВ № 1 дорівнює:

а) з 01 по 10.07.11 р. – $Q \approx 0-0,001 \text{ м}^3/\text{с}$ (до I-ої розчистки шандорів);

б) з 11 по 20.07.11 р. – $Q \approx 1,0-1,1 \text{ м}^3/\text{с}$ (після I-ої розчистки шандорів);

в) з 21.07 по 30.11.11 р. – $Q \approx 4,0-4,8 \text{ м}^3/\text{с}$ (після II-ої розчистки шандорів);

Добовий приплив води з ШВ № 1 до ШВ № 2 дорівнює:

а) з 01.07 по 20.08.11 р. – $Q \approx 0-0,001 \text{ м}^3/\text{с}$ (до розчистки каналу);

б) з 21.08 по 30.11.11 р. – $Q \approx 0,1-0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ (після розчистки каналу);

Порівняння витрат води, обчислених за формулою Шезі-Маннінга (2.1), з фактичними, вимірними поверхневими поплавцями (див. пп. 2.1.1 та 2.1.2), показало, що різниця між вимірними та обчисленими витратами води становить менш ніж 10 %, тобто знаходиться в межах точності вимірювання витрати води поверхневими поплавцями.

Результати розрахунку гідравлічних характеристик водопропускних споруд між Палійовською затокою, ШВ № 1 та № 2 використані при гідродинамічному моделюванні течій і водно-сольового режиму та в оцінках впливу водообміну на гідроекологічний режим штучних водойм (див. Розділ 6).

3 ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКУ РІЧКИ СВИННА

Річка Свинна впадає у верхню частину Хаджибейського лиману та має дві притоки б. Свинарку та б. Карпів Яр. Довжина річки становить 41 км, похил – 1,7 ‰, площа водозбору – 871 км². За гідрологічним районуванням річка належить до Нижньобузько-Дніпровської області зони недостатньої водності (рис. 3.1) [6], за гідрогеологічним – до Причорноморського артезіанського басейну із співвідношенням підземного та сумарного річкового стоку, яке може змінюватись у межах басейну від 0 до 34 % [8].

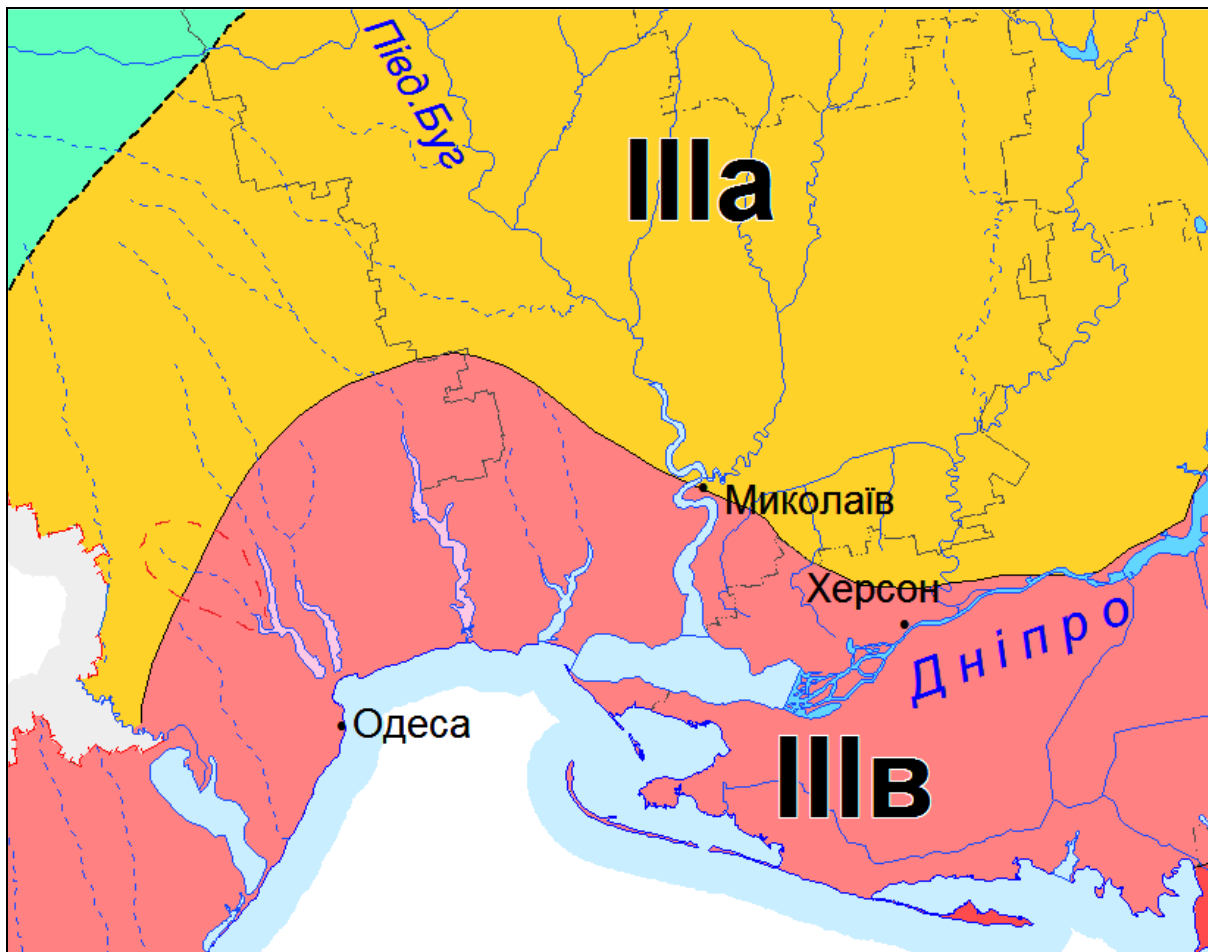

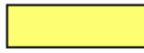



Рисунок 3.1 – Карта-схема гідрологічного районування [2]:

III ЗОНА НЕДОСТАТНЬОЇ ВОДНОСТІ

 IIIа	Нижньобузько-Дніпровська область недостатньої водності
 IIIб	Сіверськодонецько-Дніпровська область недостатньої водності
 IIIв	Причорноморська область надзвичайно низької водності

Серед підземних вод переважають води неогенових відкладень (переважно сарматські водоносні горизонти) з мінералізацією 1250 мг/дм^3 [8]. Внутрішньорічний розподіл стоку складається з таких сезонів: весна (III-V), літо (VI-VIII), осінь (IX-XI), зима (XII-II). Найбільша частина стоку (59,2 % – у середній за водністю рік) спостерігається у сезон весна, зростаючи у дуже маловодний рік до 60 % [8]. Середній багаторічний шар стоку за весняне водопілля становитиме 10 мм, а його мінливість (коефіцієнт варіації) – близько 1,2. Максимальний добовий шар опадів ймовірно перевищення 1 % дорівнює 120 мм [8]. Річка розташована у степовій зоні, її водозбір значно порізаний балками, що забезпечує сприятливі умови для стікання поверхневих талих та дощових вод. Але при відсутності танення снігу та випадіння дощів річка може пересихати. Пересихання річки починається не в верхів'ях, а на ділянках, розташованих нижче, коли водозбір річки входить у Приморський посушливий район (південна, найбільш посушлива територія, що прилягає до узбережжя Чорного моря). Річки тут пересихають у середні за водністю роки на протязі 6-9 місяців, а у посушливі – на протязі 9-12 місяців.

Гідрологічні спостереження на річці не ведуться, отже визначення характеристик стоку може відбуватися лише на базі просторово-часових узагальнень стоку: карт ізоліній та районування. Проте, територія Північно-Західного Причорномор'я є недостатньо вивченою у гідрологічному відношенні: спостереження за стоком у природних умовах його формування не велися, а матеріали сучасних спостережень відповідають періоду трансформації стоку водогосподарськими перетвореннями, тобто спостережений стік розглядається як побутовий [48]. У більшості випадків карти ізоліній у межах цієї території проведені пунктиром, що обумовлено нестачею даних [49].

В ОДЕКУ розроблені методи розрахунків характеристик стоку малих та середніх річок Північно-Західного Причорномор'я, які ґрунтуються на метеорологічних даних та непрямих чинниках формування стоку [50].

3.1 Визначення характеристик природного річного стоку за моделлю «клімат-стік»

Традиційним підходом в гідрології при вирішенні проблеми відсутності даних спостережень у природних умовах є приведення побутового (спостереженого) стоку до природного шляхом урахування (за допомогою методу водогосподарського балансу) усього комплексу антропогенних факторів, що впливають на стік. Однак, на більшій частині розглянутої території відомості про прибуткові й видаткові складові водогосподарчого

балансу практично відсутні. Крім того, водогосподарський баланс розглядає процес стоку поза його зв'язком із кліматичними умовами формування стоку.

У зв'язку з цим першорядною стає задача розробки методики оцінки водних ресурсів на основі моделей типу «клімат-стік», яка спирається на використання у розрахунках стоку метеорологічних характеристик.

3.1.1 Теоретичні засади визначення річного стоку за метеорологічними даними

Базисом моделі «клімат-стік» є рівняння водно-теплового балансу у модифікації запропонованій В.С. Мезенцевим [51].

Рівняння водно-теплового балансу має таку диференціальну форму

$$\frac{\partial \beta_E}{\partial \beta_H} + \frac{\partial \beta_Y}{\partial \beta_H} = 1, \quad (3.1)$$

де $\beta_E, \beta_H, \beta_Y$ – складові рівняння водного балансу (H – ресурси зволоження, E – випаровування з поверхні суші, Y – стік води), представлені у виді відношень до характеристики теплоенергетичних ресурсів клімату E_m .

Величина E_m (максимально можливе випаровування) входить до прибуткової частини теплового балансу підстильної поверхні й добуток LE_m розглядається як граничні ресурси енергії, які забезпечують процес випаровування у визначених кліматичних умовах

$$LE_m = R^+ + P^+ + (B_1 - B_2), \quad (3.2)$$

де R^+ – позитивна (прибуткова) частина радіаційного балансу підстильної поверхні;

P^+ – позитивна складова турбулентного теплообміну або тепло, що приходить на ділянку суші в зв'язку з рухом повітря, тобто адвективне тепло;

$(B_1 - B_2)$ – зміна запасів тепла в діяльному шарі ґрунту (теплообмін у ґрунті ΔB);

L – приховане тепло пароутворення;

LE – витрата тепла на випаровування.

Величина E_m має назву «теплоенергетичний еквівалент» або «максимально можливе випаровування» і є шаром води, який міг би випаритися

з поверхні суші, якби на процес випаровування були витрачені усі теплоенергетичні ресурси клімату LE_m

$$E_m = \frac{R^+ + P^+ + (B_1 - B_2)}{L}. \quad (3.3)$$

Під характеристикою зволоження H розуміють опади X , що випадають за розрахунковий період, та зміни $(w_1 - w_2)$ запасів вологи в ґрунті.

Граничні умови складових рівняння (3.1) записуються наступним чином

$$0 \leq \beta_E \leq 1 \text{ при } 0 \leq \beta_H \leq \infty \text{ та } 0 \leq \beta_Y \leq \beta_H \leq \infty. \quad (3.4)$$

Після наближеного розв'язку (3.1) часткове рівняння зв'язку між складовими водного та теплового балансів представлене у такий спосіб [52]

$$\beta_E = (1 + \beta_H^{-n})^{-\frac{1}{n}}, \quad (3.5)$$

де n – параметр, що інтегрує вплив фізико-географічних умов формування стоку.

З урахуванням позначень $\beta_H = \frac{H}{E_m}$; $\beta_E = \frac{E}{E_m}$; $\beta_Y = \frac{Y}{E_m}$, прийдемо до рівняння, яке використовується для розрахунків випаровування з поверхні суші

$$E = E_m \left[1 + \left(\frac{H}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}. \quad (3.6)$$

Тоді рівняння водного балансу ділянки суші ($H = E + Y$) набуде виду

$$H = Y + E_m \left[1 + \left(\frac{H}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}. \quad (3.7)$$

Рівняння (3.7) містить складову, яка входить у тепловий баланс земної поверхні (випаровування з поверхні суші E), у зв'язку з чим, вираз (3.7) отримав назву «рівняння водно-теплового балансу».

Балансове співвідношення (3.7), виражене відносно величини стоку Y , можна представити в такий спосіб

$$Y = H - E_m \left[1 + \left(\frac{H}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}. \quad (3.8)$$

У випадку, коли розрахунковий шар дорівнює глибині залягання ґрунтових вод або при глибокому заляганні ґрунтових вод, що характерно для степової та пустельної зон, рівняння (3.8) записується у вигляді

$$Y = X + w_1 - w_2 - E_m \left[1 + \left(\frac{X + w_1 - w_2}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}. \quad (3.9)$$

Різниця $(w_1 - w_2)$, яка є зміненням вологовмісту розрахункового шару ґрунту, приймає істотні позитивні та негативні значення у середині року (місяці, декади) і в окремі роки (групи років). У середньому ж, для багаторічного періоду, виконується умова

$$w_1 - w_2 = 0. \quad (3.10)$$

В зв'язку з цим балансове співвідношення (3.9) набуває вигляду

$$\bar{Y} = \bar{X} - \bar{E}_m \left[1 + \left(\frac{\bar{X}}{\bar{E}_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (3.11)$$

де $\bar{Y}, \bar{X}, \bar{E}_m$ – багаторічні величини (норми) річного стоку, опадів та теплоенергетичного еквівалента, відповідно.

Результати досліджень [53] показали, що при розрахунках норм річного стоку достатньо використовувати $n = 3$.

Норма стоку, що розрахована за (3.11), визначається кліматичними факторами – нормою річних опадів і максимально можливого випаровування, які підкоряються закону географічної зональності та можуть бути представлені у вигляді карт ізоліній. Розраховані при постійному n величини стоку залежать від співвідношення ресурсів тепла \bar{E}_m і вологи \bar{X} та відображають їхню взаємодію.

3.1.2 Просторово-часові узагальнення природного річного стоку, визначеного за метеорологічними даними

Визначення складових водно-теплого балансу та їх просторово-часове узагальнення у межах України було виконане під керівництвом Є.Д. Гопченка та Н.С. Лободи у ОДЕКУ [54]. Норма річного стоку, розрахованого за цим рівнянням носить назву «кліматичної», оскільки визначається кліматичними чинниками формування стоку.

Матеріалами необхідними для визначення кліматичної норми річного стоку є складові радіаційного та теплового балансів підстильної поверхні за багаторічний період, а також середні багаторічні дані по опадах, температурах та дефіцитах зволоження повітря за календарні місяці й рік.

Для визначення середніх багаторічних величин максимально можливого випаровування отримані емпіричні регіональні залежності \bar{E}_m від сум температур повітря, розроблені для території України Є.Д. Гопченком та Н.С. Лободою

$$\bar{E}_m = 13,3 \sum_V^{IX} \bar{T}_M - 307, r = 0.94, \quad (3.12)$$

$$\bar{E}_m = 0,224 \sum \bar{T}_{>10} + 226, r = 0.91, \quad (3.13)$$

$$\bar{E}_m = 0,209 \sum \bar{T}_{>0} + 179, r = 0.87, \quad (3.14)$$

де $\sum_V^{IX} \bar{T}_M$ – сума норм середньомісячних температур повітря за літній період (із травня по вересень, включно);

$\sum T_{>10}$ – сума температур повітря більше 10 °С;

$\sum T_{>0}$ – сума температур повітря більше 0 °С;

r – коефіцієнт кореляції.

Норма річних опадів є еквівалентом ресурсів зволоження території. Для характеристики просторового розподілу норм опадів у межах України і Молдови використані дані більш ніж по 80 метеорологічних станціях та постах. У кліматичних довідниках надаються осереднені річні суми опадів, приведені до багаторічного періоду, за матеріалами спостережень до 1965 р. Подовження рядів до 1980 р. показало, що середнє багаторічне значення річних опадів практично не змінюється: середнє відносне відхилення величин, що зіставляються, дорівнює $\pm 3 \%$, а найбільше відхилення становить $\pm 7 \%$.

До величин середньомісячних опадів крім виправлень на змочування опадоміру та вітрове видування, додатково уведено виправлення, яке враховує втрати на випар з опадоміру

$$\bar{X} = \bar{X}' + k_E \bar{X}_H, \quad (3.15)$$

де \bar{X} – місячна норма опадів з обліком усіх систематичних помилок у показаннях опадоміру, мм;

\bar{X}' – місячна норма опадів з урахуванням виправлень на змочування відра опадоміру та вітрове видування, мм;

\bar{X}_H – місячна норма опадів, розрахована за даними спостережень, мм;

k_E – поправковий коефіцієнт, що враховує втрати опадів на випаровування.

За уточненими значеннями річних норм опадів побудована карта ізоліній на топографічній основі з масштабом 1:500000 (рис. 3.2). Зменшення опадів відбувається з півночі на південь від 550 до 450 мм. На північному заході Причорноморської низовини спостерігаються найбільші величини річних опадів, що обумовлено як орографією (у цьому напрямі знаходяться Молдавські Кодри та Волино-Подільська височина), так і переважаючим в Україні західним переносом повітряних мас, які забезпечують більшу зволоженість західних областей України, ніж східних.

Карта ізоліній норм максимально можливого випаровування (рис. 3.3) побудована на топографічній основі з масштабом 1:500000 за даними 20 метеорологічних станцій. Просторова зміна максимально можливого випаровування підкоряється закону широтної географічної зональності. Величина \bar{E}_m зростає від 900 мм – на півночі, до 1000 мм – на півдні.

Норма річного стоку, яка розрахована за рівнянням водно-теплового балансу (3.11) як функція співвідношення ресурсів тепла і вологи, відображає вплив тільки кліматичних факторів і тому також представляється картою ізоліній (рис. 3.4).

Розраховані величини норм кліматичного стоку відносяться до числа точкових характеристик. Карта ізоліній норм кліматичного стоку відповідає тим картам, що наведені в нормативних документах СНиП 2.01.14-83 [49] та сучасній науковій літературі [6, 54].

Зменшення загальної кількості опадів та зростання максимально можливого випаровування у напрямку північ-південь обумовлює малі величини річного стоку, норми якого зменшуються від 50 мм на півночі Причорноморської низовини до 20 мм на узбережжі Чорного моря.

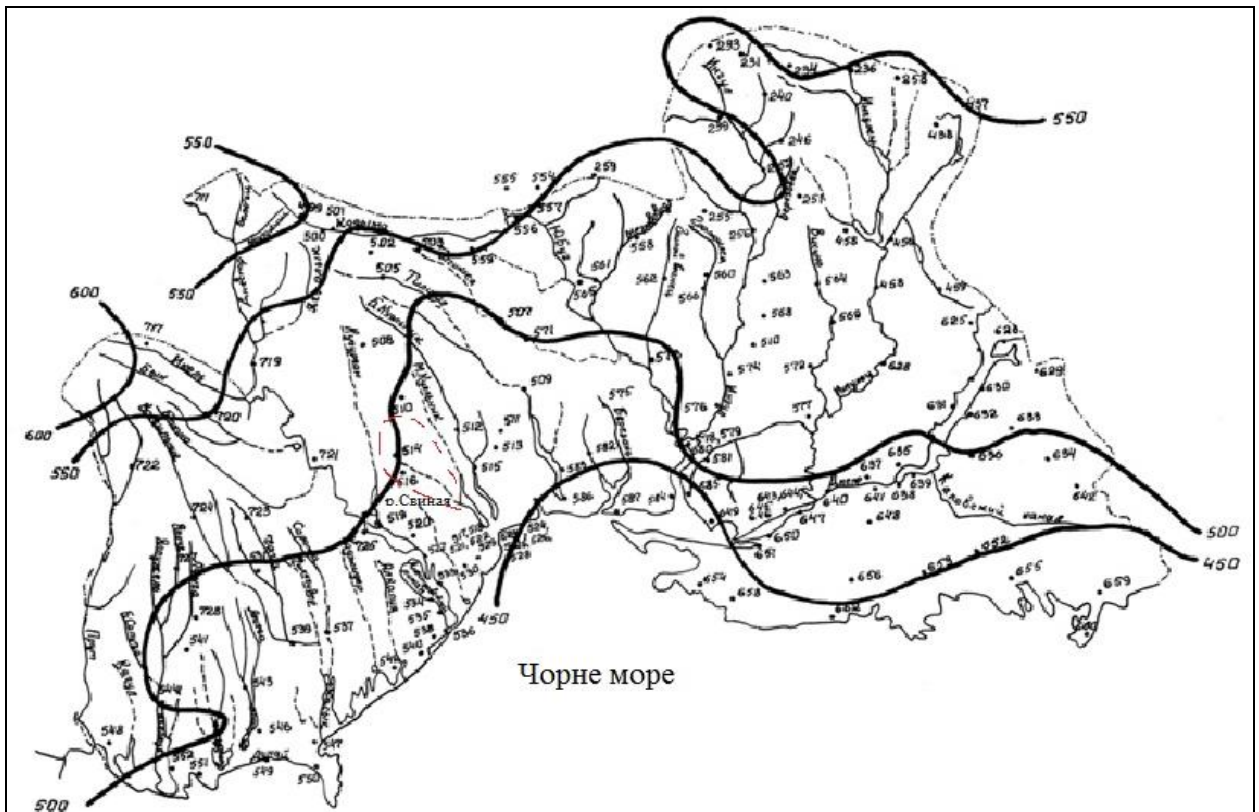


Рисунок 3.2 – Норми річних опадів, мм,
на території Північно-Західного Причорномор'я [54]

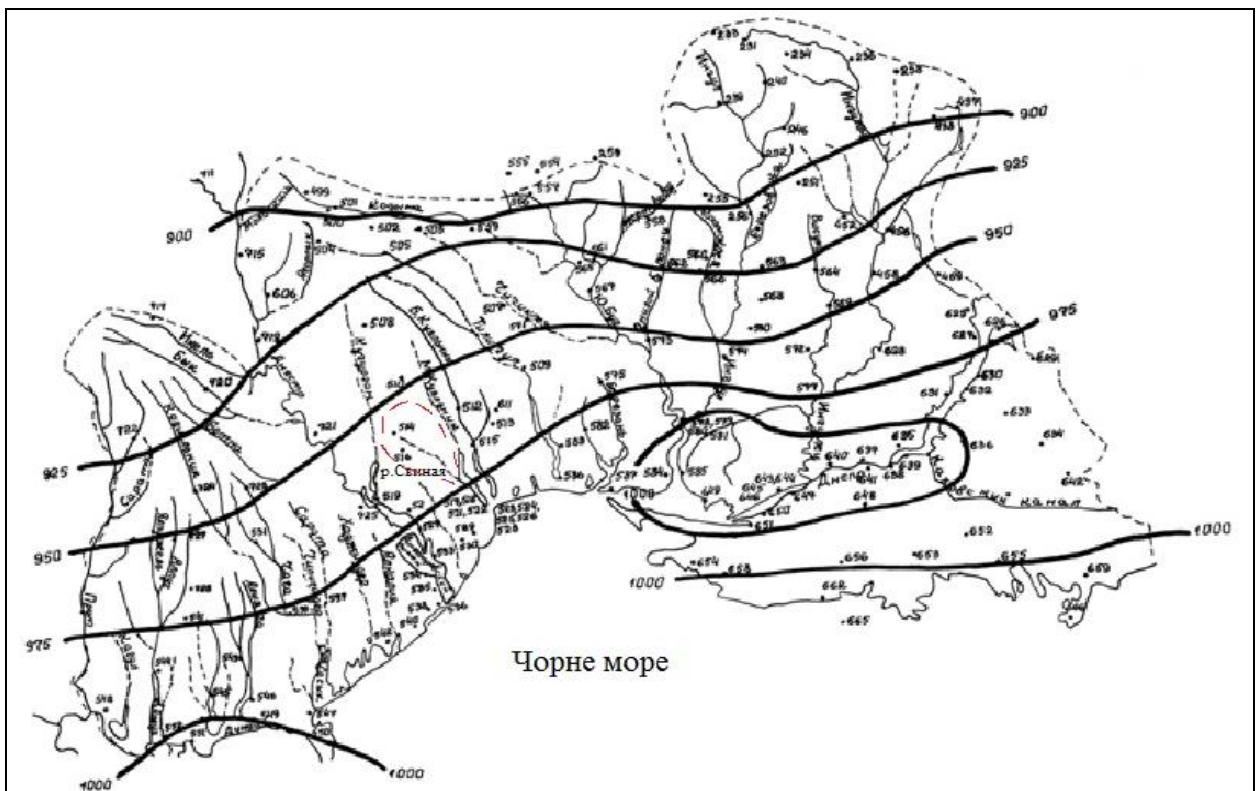


Рисунок 3.3 – Норми річного максимально можливого випаровування, мм,
на території Північно-Західного Причорномор'я [54]

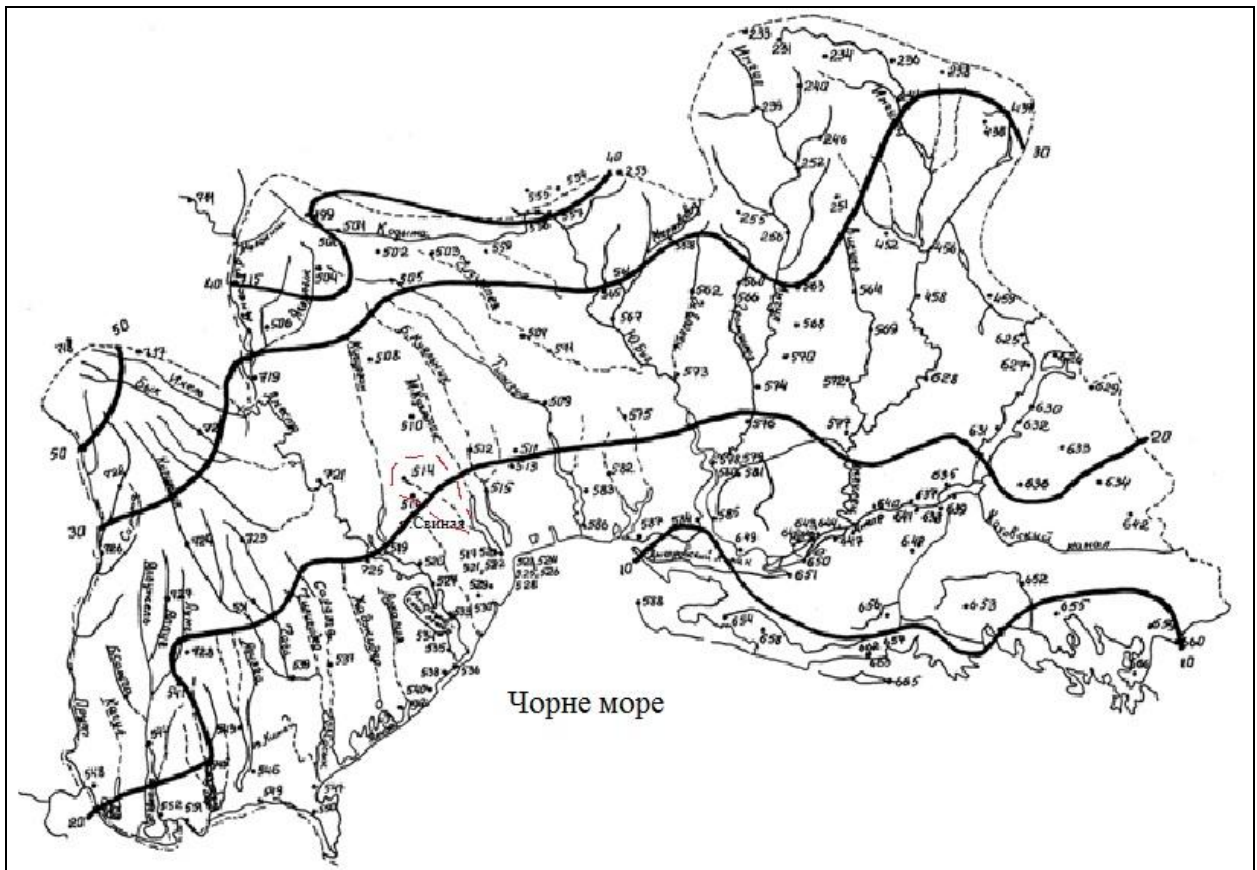


Рисунок 3.4 – Норми річного кліматичного стоку, мм, на території Північно-Західного Причорномор'я [54]

Характер ізолій норм кліматичного стоку (рис. 3.4) відповідає характеру просторового розподілу норм річних опадів. На базі даних про природний стік (здебільшого відновлений за рівнянням водогосподарського балансу) для різних регіонів України встановлено, що для великих водозборів рівнинної частини норма кліматичного стоку може бути ототожненою з нормою природного (непорушеного водогосподарською діяльністю) стоку [54].

За А.М. Бефані [55] до великих водозборів віднесено водозбори з площею більшою другої критичної, тобто з площею при якій ґрунтове живлення річки стабілізується. Порівняльний аналіз норм природного стоку, визначених за рівняннями водогосподарського балансу, та норм кліматичного стоку показав, що у зоні достатнього зволоження для великих водозборів відносне відхилення цих величин знаходиться у межах $\pm 5\%$, а у зоні недостатнього зволоження – у межах $\pm 10\%$. Побудова карти норм кліматичного стоку є особливо важливою для регіонів південної України, де річок зі стоком у природних умовах його формування практично не збереглося, а початок стаціонарних спостережень збігається з інтенсифікацією водогосподарських перетворень.

На сьогоднішня у практиці гідрологічних розрахунків використовується карта ізолій норм річного стоку, яку рекомендовано нормативним документом СНиП 2.01.14-83, де ізолії на території Причорномор'я та Степового Криму проведені пунктиром [49].

За рівнянням (3.9) були виконані розрахунки кліматичного стоку по місяцях за тридцятирічний період, що дозволило одержати для території Північно-Західного Причорномор'я наступні співвідношення між основними статистичними параметрами природного річного стоку [50]

$$C_V = \frac{5,6}{\overline{Y_K} 0,62}; C_S = 1,7C_V; r(1) \cong 0, \quad (3.16)$$

де C_V – коефіцієнт варіації річного стоку;

C_S – коефіцієнт асиметрії;

$r(1)$ – коефіцієнт автокореляції.

На більшості малих та середніх водозборів, особливо у зоні недостатнього зволоження, норма кліматичного стоку відрізняється від природного. Відносні відхилення можуть досягати 30 % і більше, що пояснюється впливом інтразональних факторів формування стоку, роль яких підвищується із зменшенням площі водозбору та зростанням посушливості клімату. З метою урахування впливу факторів підстильної поверхні були встановлені поправкові коефіцієнти до норм кліматичного стоку $\overline{Y_K}$, визначених за картою ізолій (рис. 3.3)

$$k = \frac{\overline{Y_{II}}}{\overline{Y_K}}, \quad (3.17)$$

де k – поправковий коефіцієнт до норми кліматичного річного стоку;

$\overline{Y_{II}}$ – норма природного річного стоку.

За отриманими в такий спосіб коефіцієнтами та кількісними показниками чинників підстильної поверхні розроблялися регресійні рівняння (з покроковим вибором оптимальних предикторів), які мають відображати вплив найбільш вагомих інтразональних та азонанальних факторів на формування річного стоку малих та середніх водозборів. За характером отриманих залежностей територію південної України можна розділити на області як додатних, так і від'ємних виправлень до норми кліматичного стоку. У області додатних виправлень, де $k = \frac{\overline{Y_i}}{\overline{Y_K}} > 1$, кліматичний (зональний) стік нижче природного стоку малих та

середніх річок, а в області від'ємних виправлень $k = \frac{\overline{Y_i}}{\overline{Y_K}} < 1$ – вище.

Границя між областями відповідає границі зим зі стійким сніговим покривом, який спостерігається менш, ніж у 50 % випадків (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Карта-схема утворення стійкого снігового покриву [2]:

ДАТИ УТВОРЕННЯ СТІЙКОГО СНІГОВОГО ПОКРИВУ



Сніговий покрив, запас води у якому визначає об'єм стоку за весняну повінь і головну частину стоку за рік у цілому, розподіляється у лісостеповій та степовій зонах по площі водозбору нерівномірно.

Під впливом вітру відбувається перерозподіл снігового покриву в гідрографічній мережі з наступною акумуляцією його в ярах та балках, що приводить до зменшення норм стоку зі збільшенням площі водозбору. Фактично діюча площа водозборів, на якій формується основний об'єм стоку повені у замикальному створі, значно менше загальної площі водозбору.

У результаті річні норми природного стоку малих водозборів перевищують зональний (кліматичний) стік

$$k = 2,4 - 0,7[\lg(F + 1) - 1], \text{ при } F < 1000 \text{ км}^2 \text{ та } k = 1 \text{ при } F \geq 1000 \text{ км}^2. \quad (3.18)$$

У підзоні Південного степу, де стійкий сніговий покрив утворюється дуже рідко, а перевага у формуванні річного стоку належить дощовим опадам, серед факторів підстильної поверхні значне місце займають втрати на затримку поверхневих вод у зниженнях рельєфу. Непрямим показником втрат стоку на поверхневу затримку може служити ухил водозбору. Дані про середньозважені ухили в довідковій літературі є не по усіх водозборах, тому для практичного застосування була запропонована залежність коефіцієнта переходу від середньої висоти водозбору, значення якої певним чином зв'язані з ухилом. Поправкові коефіцієнти зменшуються від 1 до нуля в міру зниження висоти місцевості, але лише в межах висот менших за 280 м

$$k = 1 - 0,003(280 - H_{\text{ср}}), \text{ при } H_{\text{ср}} < 280 \text{ м та } k = 1 \text{ при } H_{\text{ср}} \geq 280 \text{ м}, \quad (3.19)$$

де $H_{\text{ср}}$ – середня висота водозбору.

Розроблена методика визначення норм природного стоку на основі кліматичного має велике практичне значення і була використана для оцінки природних водних ресурсів південно-західного Причорномор'я, де дані спостережень за стоком практично відсутні, як вхідна база при математичному моделюванні побутового стоку.

3.1.3 Визначення характеристик природного річного стоку р. Свинна

Норма максимально можливого випаровування у межах водозбірного басейну р. Свинна за даними, які відповідають 60-тим рр. ХХ ст. становить 964 мм, норма річних опадів – 475 мм, норма кліматичного стоку – 20 мм.

Співвідношення $\beta_H = \frac{\bar{X}}{E_m}$ дорівнює 0,49. Водозбір річки входить до області

від'ємних виправлень $k = 1$. Середня висота водозбору становить 85 м. Коефіцієнт переходу від норми кліматичного стоку до природного, розрахований за (3.19) дорівнює 0,415. Таким чином, норма природного річного стоку дорівнює 8 мм, коефіцієнт варіації – 1,68, коефіцієнт асиметрії – 2,85. Річний стік відсутній у маловодні роки 75 та 95 % забезпеченості (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Параметри природного річного стоку водозбору р. Свинна

Норма кліматичного стоку, \bar{Y}_K , мм	Перехідний коефіцієнт, k	Статистичні параметри природного річного стоку			Величини природного річного стоку у роки різної забезпеченості, мм				
		\bar{Y} , мм	C_V	C_S	$Y_{5\%}$	$Y_{25\%}$	$Y_{50\%}$	$Y_{75\%}$	$Y_{95\%}$
20	0,415	8,3	1,68	2,85	34,7	11,2	5,5	0	0

3.1.4 Теоретичні засади визначення побутового стоку за моделлю «клімат-стік»

Зміна поверхневих водних ресурсів річок, які підлягають впливу змін клімату та водогосподарських перетворень у межах водозбору, описується таким диференціальним рівнянням

$$\frac{\partial Y}{\partial t} + L(\Lambda, Y) = \varepsilon, \quad (3.20)$$

де Y – характеристика водних ресурсів;

$L(\Lambda, Y)$ – характеристика внутрішніх впливів (насамперед, водогосподарської діяльності), яка має назву оператора перетворення;

ε – характеристика зовнішніх впливів на водозбір (кліматичних змін);

Λ – функції та коефіцієнти, які характеризують фізичні, геометричні, морфологічні та інші параметри системи;

t – час.

Після інтегрування (3.20), отримаємо

$$Y(t) = Y(t_0) - \int L(\Lambda, Y) dt + \int \varepsilon dt, \quad (3.21)$$

де $Y(t_0)$ – початковий стан системи, тобто стан водних ресурсів до початку змін глобального клімату при відсутності водогосподарської діяльності (так званий природний стік).

Початковий стан розглядуваної системи може бути охарактеризованим нормою кліматичного або природного зонального стоку річок до початку значущих змін клімату, тобто до 80-их рр. ХХ ст.

У загальному випадку рівняння (3.21) має стохастичну природу. Природний стік $Y(t_0)$, зовнішні впливи (опаді, випаровування) є випадковими процесами [59]. Більш того, й водогосподарські баланси водозборів включають випадкові складові (норми зрошування та осушування, дефіцит споживання води рослинами, норми споживання води населенням та інше), оскільки їх величини залежать у певній мірі від кліматичних факторів. Проте рівняння водогосподарських балансів утримують у собі і невідповідні складові, такі як площі водної поверхні штучних водойм, площі зрошування, площі осушування, характеристики меліоративних систем.

Задачею стохастичного моделювання є отримання статистичних параметрів річного стоку водозборів при впливі на природний стік чинників водогосподарської діяльності.

З урахуванням ймовірнісної природи загальне рівняння водогосподарських балансів набуде вигляду

$$Y_{Pt} = f(P_t(Y_{PP})) + Y_{АНТР./t=P_t}, \quad (3.23)$$

де Y_{Pt} – розрахункове значення гідрологічної характеристики проектної забезпеченості P_t ;

$f(P_t(Y_{PP}))$ – розрахункове значення гідрологічної характеристики у природних умовах;

$Y_{АНТР./t=P_t}$ – значення складової стоку, яке обумовлене впливом водогосподарської діяльності з P_t -ою розрахунковою забезпеченістю.

Вирішення проблеми оцінки характеристик стоку в умовах водогосподарських перетворень на водозборах досягається шляхом стохастичного моделювання, при якому виконуються імітаційні експерименти, що відображають різні ситуації, пов'язані як із змінами клімату, так і з водогосподарською діяльністю на водозборах річок.

Рівняння водогосподарських балансів представлені у ймовірнісній формі для різних водо споживачів мають такий вид [56]:

а) при заборах води з місцевого стоку на зрошування сільськогосподарських угідь

$$Y_{ПОВ,P} = Y_{PP,P} - \frac{M_{0,100-P}}{\eta} f_{ЗР}; \quad (3.24)$$

б) за наявності на водозборі штучних водойм, з водної поверхні яких формуються втрати на додаткове випаровування

$$Y_{ПОВ,Р} = Y_{ПР,Р}(1 - f_B) - (E_B - X)f_B; \quad (3.25)$$

в) за наявності скидних вод із сільськогосподарських масивів, які зрошуються за рахунок річок-донорів

$$Y_{ПОВ,Р} = Y_{ПР,Р} + \xi \frac{M_{0,100-P}}{\eta} (1 - \eta) f_{ЗР}; \quad (3.26)$$

г) при осушуванні боліт та заболочених земель

$$Y_{ПОВ,Р} = Y_{ПР,Р} + \mu \Delta H_{ГР,Р} f_{ОС} + (w_{ПР} - w_{ОС}) \Delta H_{ГР,Р} f_{ОС}; \quad (3.27)$$

д) при водоспоживанні води населенням

$$Y_{ПОВ,Р} = Y_{ПР,Р} - \frac{d_{Р,100-P} N_{НАС}}{F} K_{розм}, \quad (3.28)$$

де $Y_{ПОВ,Р}, Y_{ПР,Р}$ – відповідно побутовий та природний річний стік із заданою забезпеченістю P , мм;

$f_{ЗР}, f_B$ – відповідно сумарна площа зрошуваних масивів та водної поверхні штучних водойм, в частках від загальної площі водозбору F ;

η – коефіцієнт корисної дії зрошувальної системи;

ξ – коефіцієнт зворотних вод, що утворилися за рахунок втрат стоку на інфільтрацію при зрошуванні сільськогосподарських масивів й надходять до русла річки підземним шляхом;

X – опади, які випали на загальну водну поверхню ставків і водосховищ;

E_B – сумарне випаровування з водної поверхні ставків і водосховищ;

$M_{0,100-P}$ – зрошувальна норма-нетто з ймовірністю перевищення $100 - P$;

μ – коефіцієнт водовіддачі ґрунтів, який оцінюється як різниця між повною й найменшою вологомісткістю, поділеною на товщину даного шару;

$\Delta H_{ГР}$ – зміна середнього рівня ґрунтових вод в результаті осушування;

$f_{ОС}$ – показник меліорованості території;

$w_{ПР}$ – об'ємна вологість торф'яного покладу до осушування;

$w_{ОС}$ – об'ємна вологість торф'яного покладу після осушування;

$d_{P, 100-P}$ – норма водоспоживання, л/(люд./д) або $\text{дм}^3/(\text{люд./д})$;

$N_{НАС}$ – кількість населення, люд.;

F – площа водозбору, км^2 ;

$K_{розм}$ – коефіцієнт розмірності ($K_{розм}=3,16$).

На кожному кроці імітаційного стохастичного моделювання для розглядуваного виду водогосподарської діяльності масштаби водогосподарських перетворень (площа зрошування, площа осушування, площа водної поверхні, кількість населення) задавалися постійними, що дозволяло зберегти стаціонарність отриманих рядів. Виходом моделі є статистичні параметри річного побутового стоку при заданих кліматичних умовах та масштабах водогосподарської діяльності. Результати стохастичного моделювання узагальнювалися у вигляді графічних рішень або аналітичних функцій, які являють собою «функції відгуку» статистичних параметрів річного стоку на водогосподарські перетворення. Оскільки в межах однієї і тієї ж річки кількісний склад чинників може змінюватися, з метою урахування сумісного впливу водогосподарських чинників запропоновано використовувати «коефіцієнти антропогенного впливу» [57]

$$k_A = \frac{A_f}{A_0}, \quad (3.29)$$

де A_0 – значення того або іншого статистичного параметра річного стоку в природних умовах;

A_f – значення параметра побутового стоку при заданих показниках антропогенного впливу.

Установлено, що вплив антропогенних чинників посилюється у міру збільшення масштабів водогосподарських перетворень, до яких відносяться площі осушування, площі зрошування, кількість населення, площі водної поверхні штучних водойм), та зменшення загального зволоження території. Непрямим показником загального зволоження території може служити норма кліматичного річного стоку.

Сумісна дія m водогосподарських чинників може бути урахована за наступним рівнянням

$$A_f = A_0[k_1 + k_2 + k_3 \dots + k_m - (m - 1)]. \quad (3.30)$$

За наявності трьох чинників водогосподарської діяльності сумісний облік їхнього впливу виконувався за рівнянням

$$A_f = A_0(k_1 + k_2 + k_3 - 2), \quad (3.31)$$

яке при двох чинниках має такий вид

$$A_f = A_0(k_1 + k_2 - 1), \quad (3.32)$$

де $k_1, k_2, k_3, \dots, k_m$ – коефіцієнти, які кількісно ураховують зміни статистичних параметрів річного стоку.

3.1.5 Визначення характеристик побутового річного стоку р. Свинна

На водозборі річки розташоване одне водосховище з площею водного дзеркала 0,23 тис. га і корисним об'ємом 2,74 млн. м³ та 22 ставка з площею водного дзеркала 0,22 тис. га та загальним об'ємом 2,53 млн. м³ [6]. Сумарна площа водної поверхні становить 0,45 тис. га [8]. Ці ж самі дані наведені у роботі М.М. Паламарчука та Н.Б. Закорчовної [58].

За даними паспорту р. Свинна [3] площа зрошуваних земель становить 0,14 тис. га. Основні культури: зернові (34 %), овочеві (19 %), кормові (44 %). Таким чином, основним водогосподарським чинником, який може впливати на стік р. Свинна є втрати на додаткове випаровування з водної поверхні штучних водойм. Коефіцієнти антропогенного впливу встановлюються за рівняннями

$$k'_{\bar{Y}} = e^{-\alpha_{\bar{Y}} f_B}; \quad (3.33)$$

$$k'_{C_V} = e^{\alpha_{C_V} f_B}; \quad (3.34)$$

$$k'_{C_S} = e^{\alpha_{C_S} f_B}, \quad (3.35)$$

де $k'_{\bar{Y}}$, k'_{C_V} , k'_{C_S} – коефіцієнти впливу додаткового випаровування з поверхні штучних водойм на статистичні параметри;

α_A – коефіцієнти, які залежить від норми кліматичного стоку \bar{Y}_K як інтегрального показника зволоженості водозбору.

Визначення коефіцієнтів α_A для рівнинних територій відбувається на основі таких рівнянь [59]

$$\alpha_{\bar{Y}} = 0,767\bar{Y}_K^{(-0.49)}, \quad (3.36)$$

$$\alpha_{C_V} = 0,247e^{(-0.0274\bar{Y}_K)}, \quad (3.37)$$

$$\alpha_{C_S} = 0,179e^{(-0.0246\bar{Y}_K)}. \quad (3.38)$$

Площа водної поверхні штучних водойм на водозборі р. Свинна складає 0,52 % від загальної площі водозбору, коефіцієнти антропогенного впливу дорівнюють, відповідно: $k'_{\bar{Y}} = 0,91$; $k'_{C_V} = 1,08$; $k'_{C_S} = 1,06$ (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Параметри побутового стоку р. Свинна при наявності на водозборі штучних водойм ($f_B = 0,52$ %)

Площа водозбору, F , км ²	Коефіцієнти антропогенного впливу			Параметри побутового стоку			Величина побутового стоку у роки різної забезпеченості, мм				
	$k'_{\bar{Y}}$	k'_{C_V}	k'_{C_S}	$\bar{Y}_{\text{ПОБ}}$, мм	C_V	C_S	$Y_{5\%}$	$Y_{25\%}$	$Y_{50\%}$	$Y_{75\%}$	$Y_{95\%}$
871	0,91	1,08	1,06	7,6	1,81	3,00	34,7	10,2	2,1	0	0

Зменшення річного стоку за рахунок додаткового випаровування з поверхні штучних водойм зростає від 8 % – у багатоводні роки, до 60 % – у середні за водністю роки (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Зміна річного стоку р. Свинна за рахунок додаткового випаровування з поверхні штучних водойм (з використанням даних [6, 8, 58])

Зміни водності	Дуже багатоводний	Багатоводний	Середній за водністю	Маловодний	Дуже маловодний
$\varepsilon = \frac{Y_{\text{ПОБ},P} - Y_{\text{ПР},P}}{Y_{\text{ПР},P}} \cdot 100\%$	-8,4 %	-8,9 %	-61,8 %	Пересихає	Пересихає

За даними натурних гідроекологічних досліджень ОДЕКУ, виконаних в 2011 р. під керівництвом О.М. Гриба, сумарна площа водної поверхні штучних водойм (ШВ № 2-5) гирлової ділянки р. Свинна від с. Бринівка до с. Болгарка (с. Отрадове) становить 17,4 км², що складає 2,0 % від площі водозбору. У такому випадку зменшення норми річного стоку за рахунок додаткового випаровування з водної поверхні досягне 42 % (табл. 3.4 та 3.5), а річка буде пересихати не тільки у маловодні, але і у середні за водністю роки.

Таблиця 3.4 – Параметри побутового стоку р. Свинна при наявності на водозборі штучних водойм ($f_B = 2,0 \%$)

Площа водозбору, F , км ²	Коефіцієнти антропогенного впливу			Параметри побутового стоку			Величина побутового стоку у роки різної забезпеченості, мм				
	$k_{\bar{Y}}$	k_{C_v}	k_{C_s}	$\bar{Y}_{ПОВ}$, мм	C_v	C_s	$Y_{5\%}$	$Y_{25\%}$	$Y_{50\%}$	$Y_{75\%}$	$Y_{95\%}$
871	0,58	1,48	1,33	4,8	2,49	3,79	27,5	5,1	0	0	0

Таблиця 3.5 – Зміна річного стоку р. Свинна за рахунок додаткового випаровування з поверхні штучних водойм (з використанням даних ОДЕКУ)

Зміни водності	Дуже багатоводний	Багатоводний	Середній за водністю	Маловодний	Дуже маловодний
$\varepsilon = \frac{Y_{ПОВ,P} - Y_{ПР,P}}{Y_{ПР,P}} \cdot 100\%$	-20,7 %	-54,5 %	-100 %	Пересихає	Пересихає

Площа зрошуваних земель становить 0,16 % від загальної площі водозбору. Коефіцієнти антропогенного впливу розраховуються за такими виразами [60, 61]

$$k_{\bar{Y}} = 1,00 - a_{\bar{Y}} \lg(f_{3P} + 1) - b_{\bar{Y}} v_0 + m_{\bar{Y}} \eta, \quad (3.39)$$

$$k_{C_v} = 1,00 + a_{C_v} \lg(f_{3P} + 1) + b_{C_v} v_0 - m_{C_v} \eta, \quad (3.40)$$

$$k_{C_s} = 1,00 + a_{C_s} \lg(f_{3P} + 1) + b_{C_s} v_0 - m_{C_s} \eta, \quad (3.41)$$

де $k_{\bar{Y}}$, k_{Cv} , k_{Cs} – коефіцієнти впливу зрошування за рахунок місцевих водних ресурсів на середню багаторічну величину стоку \bar{Y} та на коефіцієнти варіації Cv й асиметрії Cs , відповідно;

a_A, b_A, m_A – коефіцієнти рівнянь множинної регресії для різних статистичних параметрів стоку A ;

v_0 – безрозмірна характеристика середнього за весь вегетаційний період рівня зволоження ґрунту, при якому розвиток відповідної сільськогосподарської культури є оптимальним [51].

Значення коефіцієнтів рівнянь змінюються по географічних зонах в залежності від норм кліматичного стоку:

$$a_{\bar{Y}} = 24,4 \exp(-0.0211 \bar{Y}_K); \quad (3.42)$$

$$b_{\bar{Y}} = 1,26 \exp(-0.0224 \bar{Y}_K); \quad (3.43)$$

$$m_{\bar{Y}} = 0,986 \exp(-0.0209 \bar{Y}_K). \quad (3.44)$$

Наведені рівняння відображають існуючі в природі тенденції до зменшення величини середнього багаторічного стоку і зростання його мінливості та асиметрії при збільшенні площ зрошування $f_{ЗР}$ та оптимального для розвитку сільськогосподарських рослин рівня зволоження ґрунту v_0 . Із зростанням коефіцієнту корисної дії зрошувальних систем вплив вилучення води з метою зрошування на характеристики річного стоку зменшується.

Ураховуючи, що на водозборі переважають кормові та овочеві культури, рівень оптимального зволоження ґрунту був прийнятий рівним 0,9, коефіцієнт корисної дії зрошувальних систем – 0,9 (табл. 3.6 та 3.7).

Таблиця 3.6 – Параметри побутового стоку р. Свинна при наявності зрошування ($f_{ОР} = 0,16\%$, $v_0 = 0,9$, $\eta = 0,9$)

Коефіцієнти антропогенного впливу			Параметри побутового стоку			Величина побутового стоку у роки різної забезпеченості, мм				
$k_{\bar{Y}}$	k_{Cv}	k_{Cs}	$\bar{Y}_{ПОБ}$, мм	Cv	Cs	$Y_{5\%}$	$Y_{25\%}$	$Y_{50\%}$	$Y_{75\%}$	$Y_{95\%}$
0,77	1,19	1,20	6,18	2,00	3,40	30,2	7,5	1,1	0	0

Таблиця 3.7 – Зміна річного стоку р. Свинна за рахунок вилучення води на зрошування

Зміни водності	Дуже багатоводний	Багатоводний	Середній за водністю	Маловодний	Дуже маловодний
$\varepsilon = \frac{Y_{\text{ПОВ},P} - Y_{\text{ПР},P}}{Y_{\text{ПР},P}} \cdot 100\%$	-13,0 %	-33,0 %	-80,0 %	Пересихає	Пересихає

Не зважаючи на дуже малу площу зрошування, вилучення води за рахунок поверхневого стоку р. Свинна мало б зменшити середню багаторічну величину її стоку на 23 %, а у середні за водністю роки – на 33 %.

3.1.6 Вплив змін клімату на стік р. Свинна

За даними В.В. Гребіня (Київський національний університет ім. Тараса Шевченка) [62], який виконав оцінку змін кліматичних чинників та характеристик стоку за період з 1989 по 2008 рр. для різних ландшафтно-гідрологічних зон України встановлено, що середня кількість річних опадів за цей період по метеостанції Роздільна зменшилась на 5 % по відношенню до попереднього періоду спостережень (1951-1988 рр.), в той же час зросла середньорічна температура повітря на 0,7 °.

В зимовий сезон зросли середньомісячні температури січня та лютого на 1,6-1,9 ° (в межах від'ємних значень) і знизилася температура повітря за грудень на 0,6 °. У весняний сезон основне збільшення температур повітря припадає на березень (1,8 °). В літні місяці (VII-VIII) середньомісячна температура повітря збільшилася на 1,2-1,8 °.

Отримані В.В. Гребінем матеріали були підтверджені дослідженнями, виконаними в ОДЕКУ для м/ст. Роздільна, Любашівка, Одеса (див. Додаток Б). На усіх метеорологічних станціях, які знаходяться у межах або поблизу водозбірного басейну р. Свинна, встановлена тенденція до зростання температур повітря як за рік (рис. 3.6 та 3.7), так і за холодний (рис. 3.8) – з листопада по березень (XI-III), та теплий – з квітня по жовтень (IV-X), періоди. При цьому зростання температур повітря у холодний період є більш вираженим. Рівняння трендів, отримані за період 1987-2007 рр., показують, що інтенсивність зростання температур повітря у ці роки зросла у порівнянні із усім періодом спостережень.

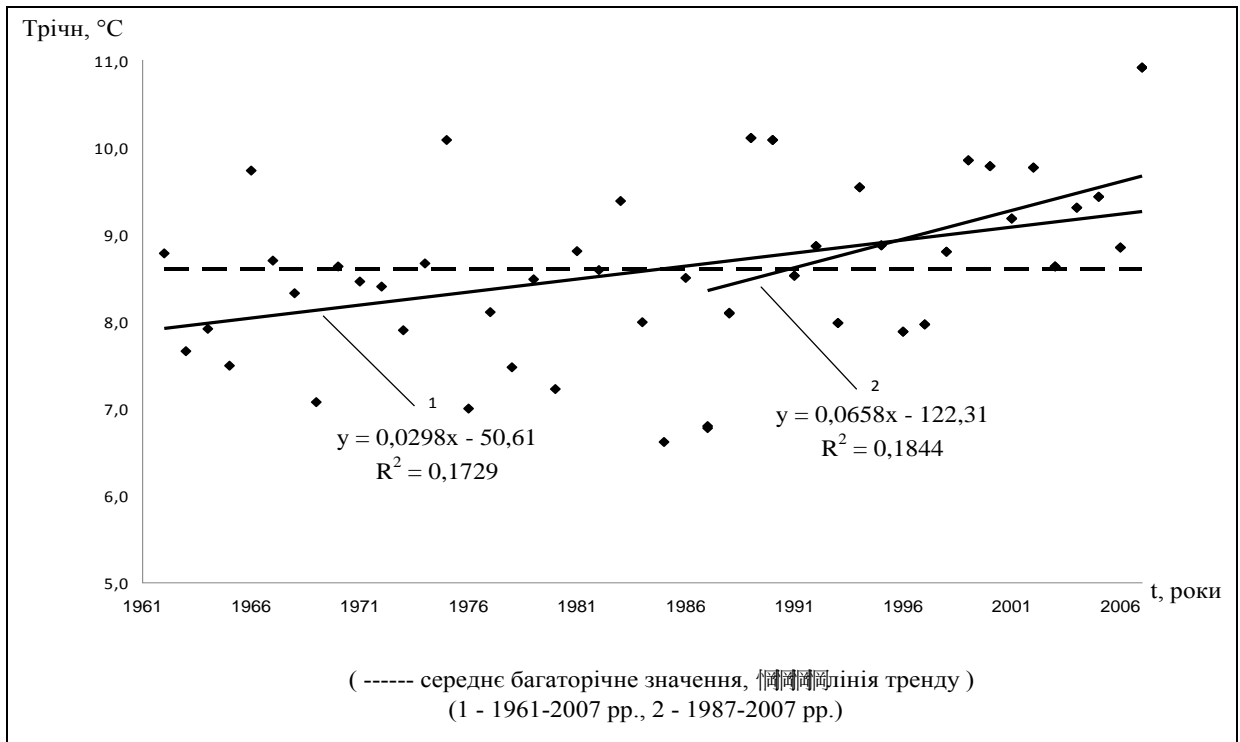


Рисунок 3.6 – Хронологічний хід річної температури повітря, за даними м/ст. Любашівка

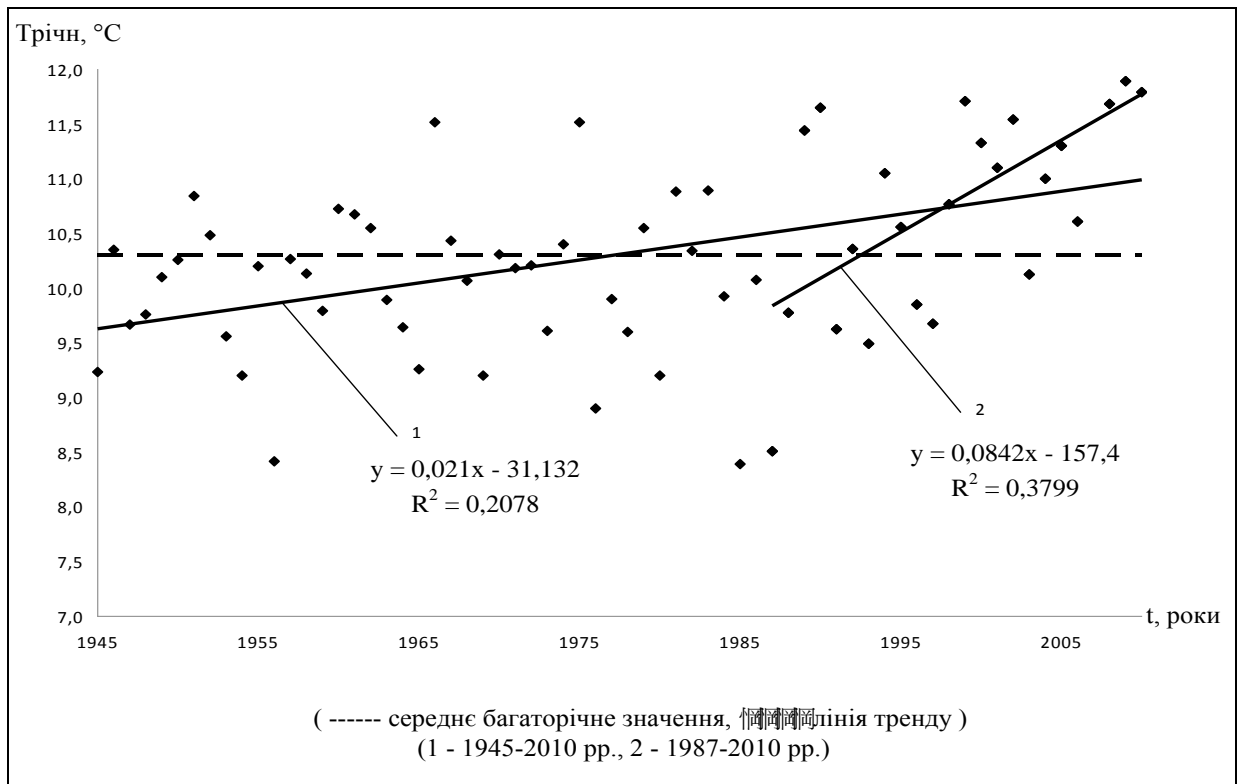


Рисунок 3.7 – Хронологічний хід річної температури повітря, за даними м/ст. Одеса

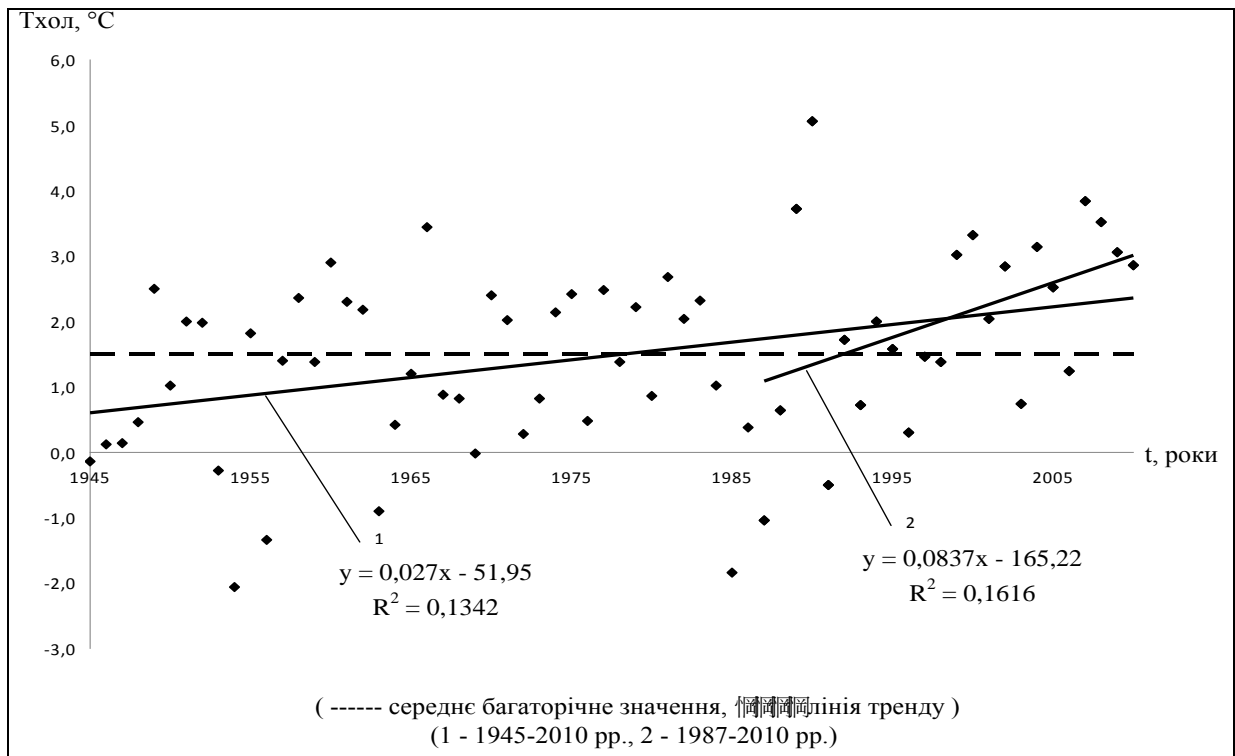


Рисунок 3.8 – Хронологічний хід температури повітря холодного періоду (XI-III), за даними м/ст. Одеса

У хронологічному ході річних сум опадів та опадів теплого та холодного періодів статистично значущих трендів не встановлено (див. Додаток В). Тенденція до зменшення річних опадів та опадів холодного періоду (рис. 3.9) виявлена у даних по м/ст. Роздільна та Любашівка. По м/ст. Одеса відмічається незначне збільшення опадів теплого періоду. Збільшення температур повітря в зимовий сезон сприяє зменшенню глибини промерзання ґрунту, формуванню відлиги і збільшенню інфільтрації талих та дощових вод у водоносні горизонти при незначному випаровуванні з поверхні ґрунту, а також перешкоджає накопиченню снігу на водозборі. Зменшення або відсутність запасу води в сніговому покриві у весняний сезон сприяє зниженню максимальних витрат води в період весняного водопілля. У свою чергу, зростання температур повітря літнього сезону збільшує випаровування з поверхні суші та водної поверхні.

Таким чином, можна зробити висновок, що в останні десятиріччя (починаючи з 80-х рр. ХХ ст.) умови формування стоку р. Свинна, з точки зору кліматичних умов, погіршились. Сумарне збільшення температури повітря за розрахунковий інтервал «травень-вересень» в період з 1989 р. по 2008 рр. в порівнянні з попереднім багаторічним періодом – з 1951 по 1988 рр., складає 2,5-3,0 ° для метеостанцій північного заходу Причорноморської низовини (Ізмаїл, Сарата, Роздільна, Вознесенськ), що обумовлює зростання теплоенергетичних ресурсів клімату (\bar{E}_m) в 1,04 рази. Зменшення річних опадів з 1989 по 2008 рр. відбулося в середньому на 6 %.

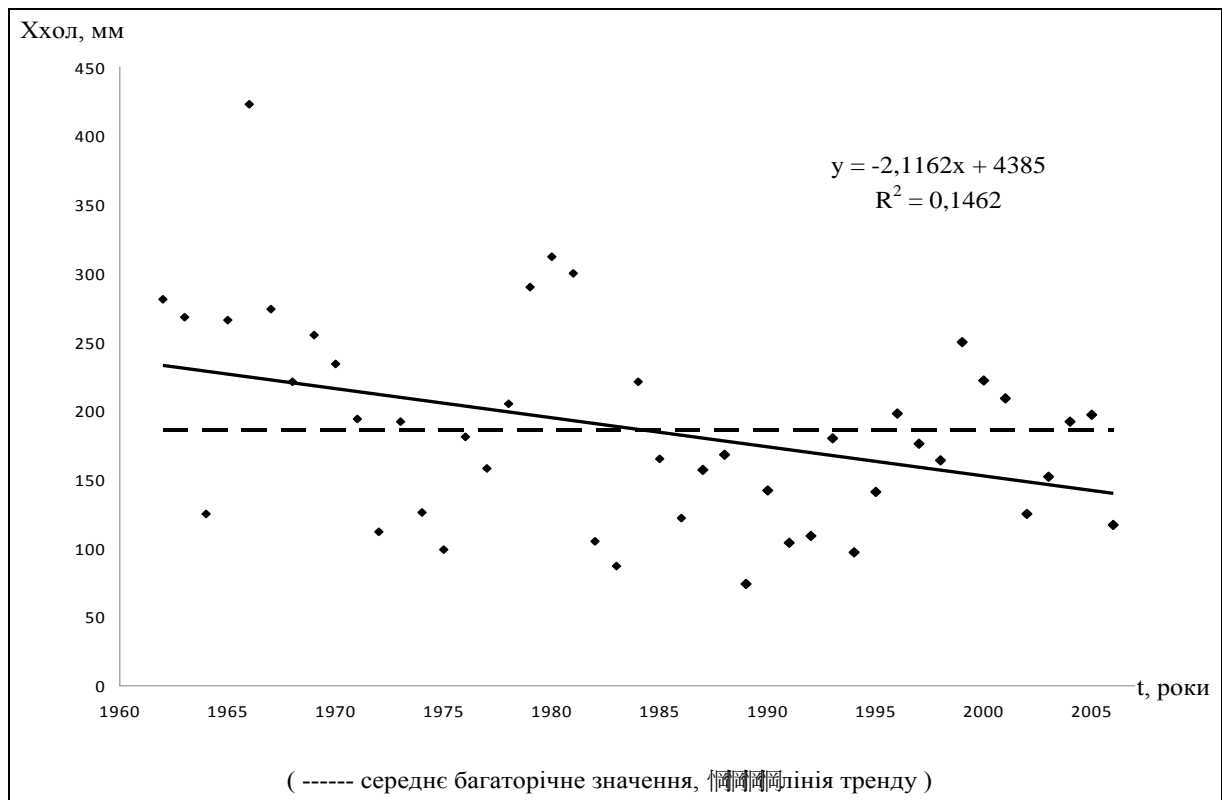


Рисунок 3.9 – Хронологічний хід сум опадів холодного періоду (XI-III), за даними м/ст. Любашівка

Розрахунки на основі рівняння водно-теплового балансу показали, що така зміна співвідношення ресурсів тепла і вологи забезпечує зниження кліматичного річного стоку на 30 %.

Якщо застосувати отриманий результат до водозбору р. Свинна, то отримаємо, що норма кліматичного стоку в сучасний період складає 14 мм, а з урахуванням ролі підстильної поверхні при формуванні норма природного стоку дорівнюватиме 5,8 мм (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Параметри природного річного стоку водозбору р. Свинна у сучасних кліматичних умовах

Норма кліматичного стоку, \bar{Y}_K , мм	Перехідний коефіцієнт, k	Статистичні параметри природного річного стоку			Величини природного річного стоку у роки різної забезпеченості, мм				
		\bar{Y} , мм	C_v	C_s	$Y_{5\%}$	$Y_{25\%}$	$Y_{50\%}$	$Y_{75\%}$	$Y_{95\%}$
14	0,415	5,81	2,08	3,54	29,1	6,7	0,7	0	0

Зниження водності річки супроводжується посиленням впливу водогосподарських перетворень. За рахунок зростаючих втрат на додаткове випаровування з водної поверхні норма річного стоку зменшиться ще більше і досягне 5,2 мм (табл. 3.9), при цьому шар річного стоку наблизатиметься до нуля не тільки у маловодні, але й у середні за водністю роки.

Таблиця 3.9 – Статистичні параметри побутового стоку р. Свинна при наявності на водозборі штучних водойм ($f_B = 0,52\%$) у сучасних кліматичних умовах

Відносна площа водної поверхні	Коефіцієнти антропогенного впливу			Параметри побутового стоку			Величини побутового стоку в роки різної забезпеченості, Y_P , мм				
	f_B , %	$k_{\bar{Y}}$	k_{C_V}	k_{C_S}	$\bar{Y}_{ПОВ}$, мм	C_V	C_S	$Y_{5\%}$	$Y_{25\%}$	$Y_{50\%}$	$Y_{75\%}$
0,52	0,90	1,09	1,07	5,2	2,27	3,79	27,6	5,6	0,2	0	0

У цілому за рахунок втрат на додаткове випаровування з водної поверхні штучних водойм та змін клімату річний стік у середні по водності роки зменшився на 87% у порівнянні із природним стоком ХХ ст. (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Зміна річного стоку р. Свинна за рахунок змін клімату та впливу штучних водойм у сучасних кліматичних умовах

Зміни водності	Дуже багатоводний	Багатоводний	Середній за водністю	Маловодний	Дуже маловодний
$\varepsilon = \frac{Y_{ПОВ,P} - Y_{ПР,P}}{Y_{ПР,P}} \cdot 100\%$	-16,1 %	-40,2 %	-87,3 %	Пересихає	Пересихає

За умови, що відносна площа водної поверхні штучних водойм складає 2 %, отримаємо, що річний стік р. Свинна буде існувати тільки у багатоводні роки (табл. 3.11 та 3.12), при цьому річний стік багатоводного року зменшиться на 80 %, у порівнянні з природним станом, а стік у середні за водністю роки – перестане існувати.

Таблиця 3.11 – Статистичні параметри побутового стоку р. Свинна при наявності на водозборі штучних водойм ($f_B = 2,0$ %) у сучасних кліматичних умовах

Відносна площа водної поверхні	Коефіцієнти антропогенного впливу			Параметри побутового стоку			Величини побутового стоку в роки різної забезпеченості, Y_P , мм				
	f_B , %	k'_Y	k'_{Cv}	k'_{Cs}	$\bar{Y}_{ПОВ}$, мм	C_V	C_S	$Y_{5\%}$	$Y_{25\%}$	$Y_{50\%}$	$Y_{75\%}$
2,0	0,52	1,52	1,36	3,0	3,16	4,77	20,2	2,3	0	0	0

Таблиця 3.12 – Зміна річного стоку р. Свинна за рахунок змін клімату та впливу штучних водойм у сучасних кліматичних умовах

Зміни водності	Дуже багатоводний	Багатоводний	Середній за водністю	Маловодний	Дуже маловодний
$\varepsilon = \frac{Y_{ПОВ,P} - Y_{ПР,P}}{Y_{ПР,P}} \cdot 100\%$	-40,1 %	-79,5 %	-100 %	Пересихає	Пересихає

3.2 Визначення характеристик мінімального стоку річки Свинна

Згідно із нормативними документами водозбірний басейн р. Свинна відноситься до водозборів малих річок із площею, яка менша за 2000км².

Середня багаторічна величина мінімального стоку таких річок визначається за формулою

$$Q_{80\%} = 10^{-3} \cdot a \cdot (F \pm f)^n, \quad (3.45)$$

де f – середня по району площа з відсутністю стоку (–) або середня площа підземного басейну, що забезпечує додаткове живлення річок (+);

a та n – параметри, які характеризують зволоженість та інтенсивність зміни стоку із зростанням площі водозбору.

У ОДЕКУ [50] було розроблено методу визначення характеристик мінімального стоку невивчених у гідрологічному відношенні малих та середніх річок Північно-Західного Причорномор'я, який базується на використанні у розрахунках середньої багаторічної величини стоку.

Так, розрахунок норм мінімального 30-добового стоку зводиться до визначення коефіцієнтів k_L та k_3 , які представляють собою частку від середньої багаторічної величини річного стоку

$$k_L = \frac{\bar{Q}_{30L}}{\bar{Q}}; \quad (3.46)$$

$$k_3 = \frac{\bar{Q}_{303}}{\bar{Q}}, \quad (3.47)$$

де k_L – перехідний коефіцієнт від норми річного стоку до 30-ти добового мінімуму стоку у літню межінь;

k_3 – перехідний коефіцієнт від норми річного стоку до 30-ти добового мінімуму стоку у зимову межінь;

\bar{Q}_{303} – норма 30-ти добового мінімуму у зимову межінь;

\bar{Q}_{30L} – норма 30-ти добового мінімуму у літню межінь;

\bar{Q} – норма річного стоку.

Була досліджена залежність коефіцієнта k_L перш за все від площі водозбору, яка виступає як непряма характеристика дренажу підземних вод. Аналізуючи цю залежність, можна зробити висновок, що вираженого зв'язку коефіцієнта k_L від площі водозбору не просліджується, що дозволило узагальнити дані шляхом картування. Ізолінії проводилися за фактичними даними, віднесеними до центрів тяжіння водозборів (рис. 3.10). Коефіцієнт k_L зростає з південного сходу на північний захід. У південній частині, де річки практично не отримують підземного живлення, а кількість опадів в літній період істотно не впливає на місцевий стік, багато водотоків, особливо малих, пересихають.

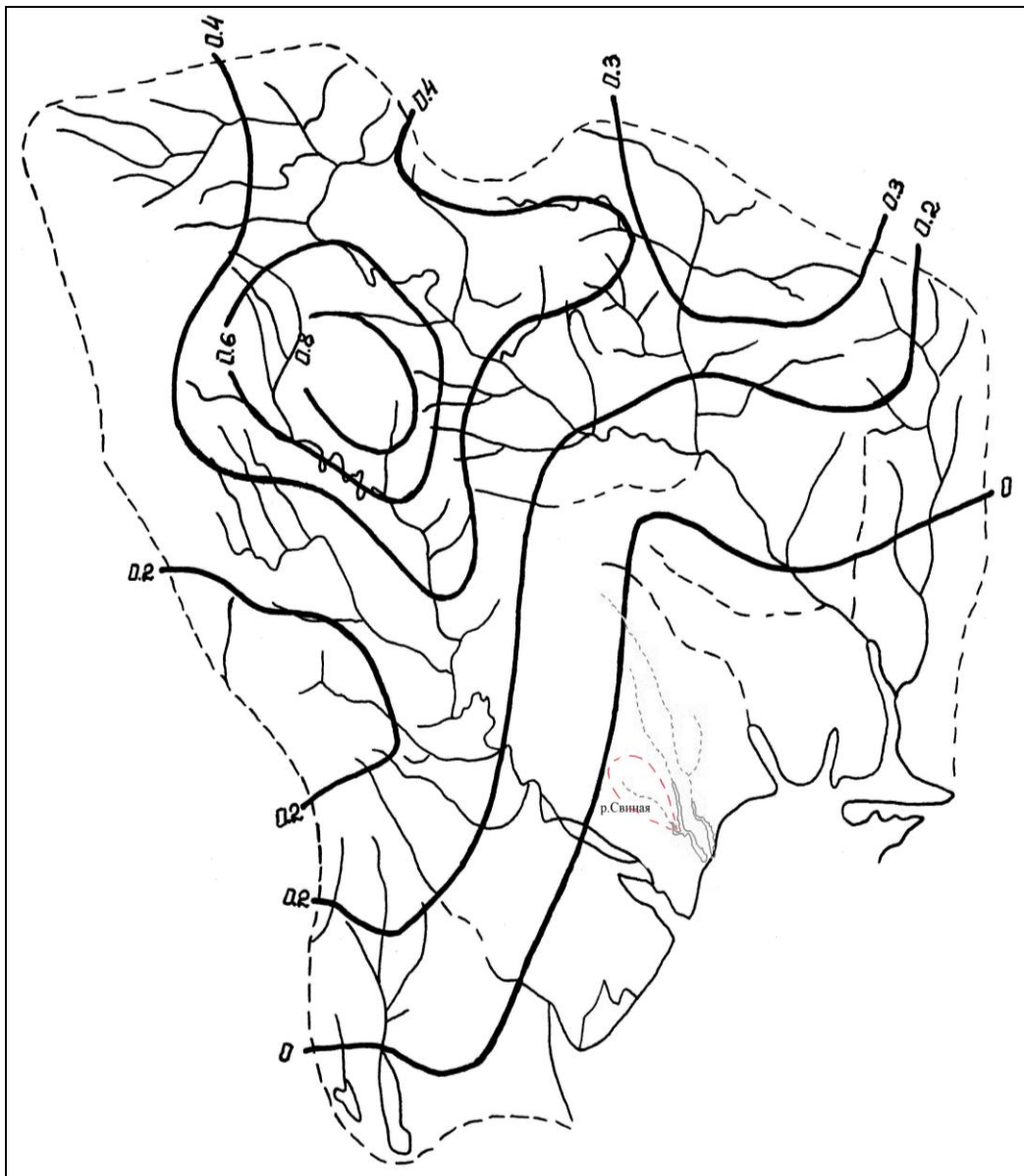


Рисунок 3.10 – Коефіцієнт переходу до 30-добового мінімального стоку літньої межні, виражений відносно норми річного стоку [50]

Нульова ізолінія вказує на відсутність стоку протягом місяця і більш. По викладеній методиці були виконані перевірочні розрахунки по всіх 49 пунктах. Середньоквадратична похибка обчислення за описаною методикою дорівнює $\pm 14,3\%$. Водозбір р. Свинна знаходиться нижче нульової ізолінії, отже, величина \bar{Q}_{30L} може бути прийнятою рівною нулю. Схема розрахунків норми мінімального 30-добового стоку зимової межні в своїй основі аналогічна схемі літньої межні і зводиться до знаходження коефіцієнту k_3 , який визначають по співвідношенню (3.47).

Узагальнення k_3 по території виконане у вигляді карти ізоліній з шагом 0,2 (рис. 3.11).

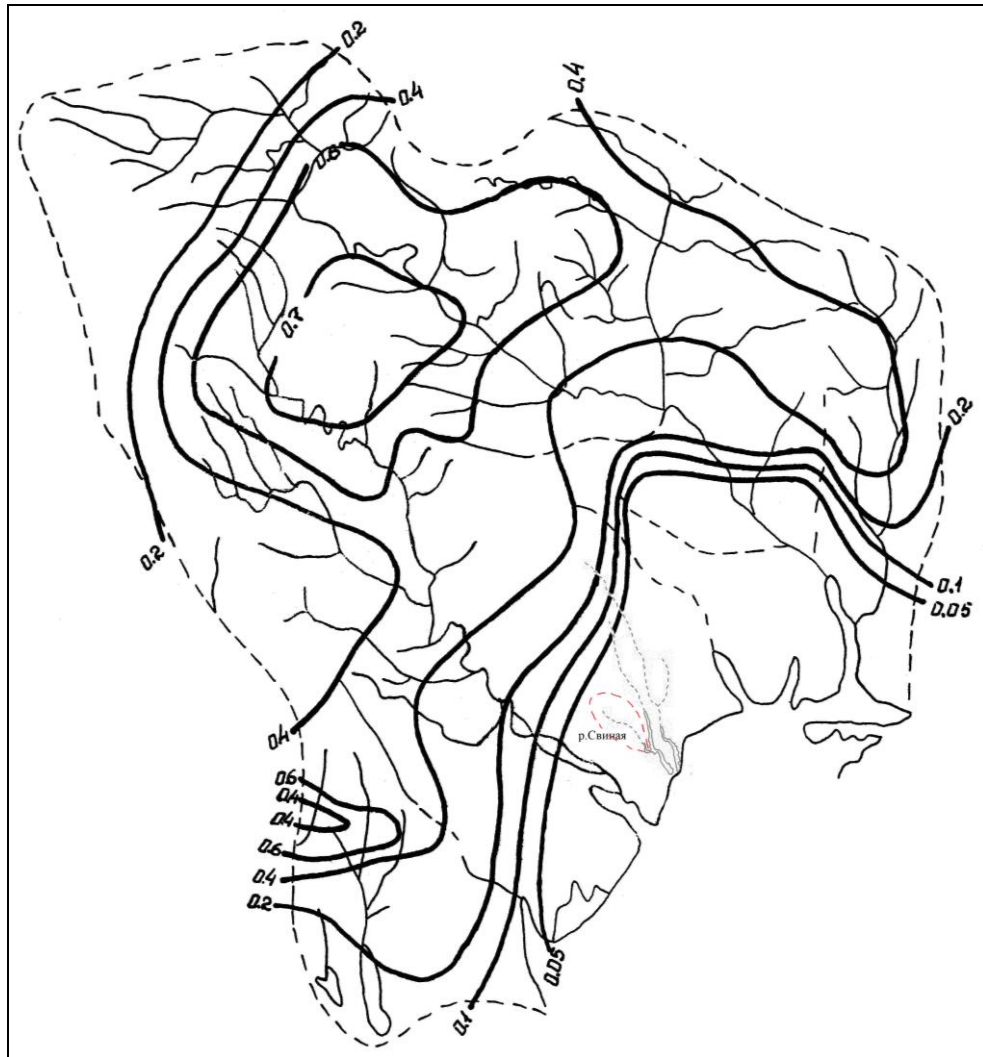


Рисунок 3.11 – Коефіцієнт переходу до 30-добового мінімального стоку зимової межені, виражений відносно норми річного стоку [50]

У порівнянні з відповідним коефіцієнтом літньої межені величина k_3 більш стійка, оскільки в зимовий період спостерігається збільшення підземного притоку за рахунок попереднього осіннього зволоження і додаткового надходження талих або дощових вод на період відлиги.

Нульова ізолінія, яка вказує на відсутність стоку протягом місяця і більше, в даному випадку відсутня. Найбільших значень k_3 досягає в карстових районах, розташованих в північно-західній частині представленої на карті території. Середня квадратична похибка обчислення дорівнює $\pm 14,0\%$.

Перехідний коефіцієнт від норми стоку до \bar{Q}_{303} у межах водозбірного басейну р. Свинна може бути прийнятим рівним 0,1, отже у природних умовах мінімальна тридцяти добова витрата має становити також близьку до нуля величину.

До найважливіших характеристик мінімального стоку відносяться періоди відсутності стоку в літній і зимовий меженні сезони. Велика частина описуваного Північно-Західного Причорномор'я є майже плоскою низовиною, нахиленою до моря, мало розчленованою річковою мережею. Значну частину року малі річки пересихають. Стік в них з'являється лише в періоди весняного танення снігу і після випадання рясних опадів. Водоносні горизонти у сарматських відкладеннях заглиблюються під товщу молодших утворень, в яких зустрічаються незначні по дебіту водоносні горизонти.

Приплив підземних вод в них не поповнює втрат на випаровування, фільтрацію і забір води для різних господарських потреб. Для цих районів не можливо встановити чіткі залежності тривалості періодів пересихання від відміток врізання річкових гирл (або площ водозборів, які є непрямою характеристикою глибини ерозійного врізання у підстильну поверхню). В середньому річки пересихають на 20-30 і більше днів, а річки з площами водозборів 1000-1500 км² і менше. Наприклад, на р. Тілігул, в межах с. Березівка ($F = 3170$ км²), тривалість пересихання становить 158 днів. Якщо приймати до уваги дуже малі річки, то багато з них пересихали на декілька років (до 2-3 років і більш).

3.3 Визначення характеристик максимального стоку р. Свинна

Для розрахунків максимального стоку р. Свинна використана схема професора А.М. Бефані [63], яка була реалізована професором Є.Д. Гопченко для території Північно-Західного Причорномор'я.

3.3.1 Методика розрахунку характеристик максимального стоку

Загальний вид розрахункової формули наступний

$$q_p = 0.28 \frac{Y_{1\%}}{t_p} K_y \varphi K_\Gamma \varepsilon'_n \delta_0 \lambda_p, \quad (3.48)$$

де q_p – розрахунковий модуль стоку, м³/(с·км²);

t_p – час руслового добігання;

K_y – редуційний коефіцієнт, пов'язаний з просторовою нерівномірністю розподілу шару припливу $Y_{1\%}$;

φ – коефіцієнт повноти схилового стоку;

K_Γ – гідрографічний коефіцієнт;

$\varepsilon_{\text{п}}$ – редуційний коефіцієнт;

δ_0 – коефіцієнт впливу на максимальний модуль стоку озер, ставків і водосховищ;

λ_p – коефіцієнт забезпеченості, який використовується для переходу від опорної 1 %-ої ймовірності перевищення до будь-якої іншої.

Шар схилового припливу розраховується як середньозважене значення для кожного водозбору з урахуванням характеру підстильної поверхні, тобто

$$Y_{1\%} = \sum_{i=1}^k d_k (S_{1\%} - P_3 - R_{\tau}), \quad (3.49)$$

де d_k – відносна площа оброблених земель або зайнятих під багаторічні трави, цілину;

$S_{1\%}$ – шар водоутруєння 1 %-ої ймовірності перевищення;

P_3 і R_{τ} – відповідно втрати на затримання в нерівностях мікрорельєфу та на спаді схилового стоку.

Існують два варіанти визначення $S_{1\%}$:

а) якщо ґрунти однорідні по території, то $S_{1\%}$ назначається для оброблених та необроблених поверхонь (табл. 3.13);

б) якщо ґрунти неоднорідні, то $S_{1\%}$ визначається не тільки для умов обробки, але й для кожного типу ґрунтів окремо.

В останньому випадку для відповідного типу поверхонь обчислюється середньозважене значення $S_{1\%}$ зваж за відсотковим розподілом ґрунтів.

Коефіцієнт нерівномірності розподілу по території шару припливу при $F > 10 \text{ км}^2$, визначається за рівнянням

$$K_y = 1 - 0,3 \cdot \lg \frac{F}{10}. \quad (3.50)$$

При $F \leq 10 \text{ км}^2$, коефіцієнт нерівномірності дорівнює $K_y = 1$.

Розрахункова схема поверхневого затримання має вигляд

$$P_3 = \left(P_m e^{-a_1 I_{\text{СК}}} \left(1 - e^{-\frac{X - \sum P}{P_0}} \right) \right). \quad (3.51)$$

Параметри поверхневого затримання P_m та a_1 розраховуються шляхом побудови залежностей $\lg P_0 = f(\lg J_{\text{СК}})$.

Таблиця 3.13 – Значення осереднених шарів водоутронування 1 %-ої ймовірності перевищення

Ґрунти	$S_{1\%}$, мм
Чорноземи звичайні важкосуглинкові:	
а) оброблювані	42,8
б) цілина та багаторічні трави	39,9
Чорноземи південні важкосуглинкові:	
а) оброблювані	43,8
б) цілина та багаторічні трави	40,1
Чорноземи південні солонцюваті середньосуглинкові:	
а) оброблювані	45,2
б) цілина та багаторічні трави	42,0
Темно-каштанові:	
а) оброблювані	47,6
б) цілина та багаторічні трави	43,9
Сірі опідзолені:	
а) оброблювані	19,1
б) цілина та багаторічні трави	37,3

Для території Північно-Західного Причорномор'я значення параметрів P_m та a_1 наведені в табл. 3.14.

Таблиця 3.14 – Параметри P_m та a_1 з формули (3.51)

Види угідь	P_m , мм	a_1
Культури суцільної сівби, стерня	3,5	0,10
Просапні культури	3,6	0,19
Цілина та багаторічні трави	3,5	0,15

Об'єктивно оцінити втрати на поверхнях затримання P_3 для великих водозборів неможливо через відсутність даних про мікрорельєф. З цієї причини у першому наближенні можна вести розрахунок, орієнтуючись на дані про сівообороти. Структура сівооборотів півдня України така: на оброблюваних землях просапні займають 56 % площі; суцільна сівба – 36 %; під паром – 8%.

У цьому випадку зважене за типами культур P_3 змінюється від 1,83 (при $I_{ск} = 62,5 \%$) до 7,75 (при $I_{ск} = 12,5 \%$) або для оброблюваної землі і для цілини – $P_3 = 1,22-3,68$ мм. Для пара P_3 приймається таким же, як і для оброблених поверхонь (через відсутність даних).

При завершеному типі схилового стоку втрати на спаді дорівнюють

$$R_{\tau} = a' \left(\frac{\bar{K}_{\tau} \ell}{\eta_1 C} \right)^{\frac{1}{n_2 + 1}}, \quad (3.52)$$

де a' – множник, що залежить від мікрорельєфу;

C – схиловий параметр $C = C_0 \sqrt{I_{ск}}$;

C_0 – швидкісний коефіцієнт;

$J_{ск}$ – ухил схилу;

ℓ – довжина схилу, причому $\ell = \frac{1}{K' \rho}$;

\bar{K}_{τ} – середня за час спаду інтенсивність вбирання;

$\eta_1 = \frac{2}{3} + \frac{\bar{K}_{\tau}}{h_k}$;

\bar{h}_k – середня інтенсивність стокоформування.

У випадку $n_2 = 1$ (густа трава) – $a' = 0.83$, при $n_2 = 0.6$ (рілля) – $a' = 0.77$.

Гідроморфологічний параметр K' визначається типом схематизації басейну. При схематизації водозбору у вигляді «розкритої книги» – $K' = 2$, при представленні елементарних водозборів у вигляді трьох схилів – $K' = 2,3$.

У першому наближенні ρ та $I_{ск}$ можна оцінити за картами С.С. Соболева. При цьому до значень $I_{ск}$, знятим з карти, вводиться поправковий коефіцієнт 0,23, якщо $I_{ск} > 0,04$, або 0,38, якщо $I_{ск} < 0,04$.

У разі незавершеного стоку у формуванні паводку бере участь тільки нижня частина схилу довжиною ℓ_{max} ; верхня частина $\ell - \ell_{max}$ у формуванні стоку участі не приймає. Втрати на спаді при цьому рівні:

$$R_{\tau} = S_T \left[1 - \left(1 - a' \right) \frac{C_0 \sqrt{J_{ск}}}{\lambda_0 K_0 \ell} S_T \right]^{n_2 + 1}, \quad (3.53)$$

де λ_0 – коефіцієнт початкового затоплення, рівний $0.045 S_T^{0.70}$.

Верхнє граничне значення $\lambda_0 = 1.0$ досягається при $S_T = 120$ мм.

Залежність $R_\tau = f(F)$ описується рівнянням виду

$$R_\tau = R_{\tau F=0} + K'' \lg(F+1), \quad (3.54)$$

де $R_{\tau F=0}$ – величина втрат на спаді при $F \rightarrow 0$; $R_\tau = f[\lg(F+1)]$;

K'' – тангенс кута нахилу лінії зв'язку до осі абсцис.

Для багаторічних трав і цілинних земель – $R_{\tau F=0} = 3,52$ мм, $K'' = 0,76$, а для оброблюваної поверхні – $R_{\tau F=0} = 4,46$ мм, $K'' = 0,76$.

Час руслового добігання обчислюється через гідрографічну довжину l та швидкість добігання V_d за виразом

$$t_p = \frac{l}{V_d}. \quad (3.55)$$

Розрахунок V_d проводиться за формулою

$$V_d = 0.44 J_{cp}^{0.50} F^{0.25}, \quad (3.56)$$

де V_d – швидкість добігання, км/год,

J_{cp} – ухил схилу, в частках від одиниці;

F – площа басейну, км².

Коефіцієнт повноти схилового стоку визначається за рівнянням

$$\varphi = \frac{m' + 1}{m'} \frac{t_p}{T_0} \left[1 - \frac{1}{m' + 1} \left(\frac{t_p}{T_0} \right)^{m'} \right]. \quad (3.57)$$

При $m' = 0.5$ та $T_0 = 2,5$ год, рівняння (3.57) набуває виду

$$\varphi = 1.2 t_p \left(1 - 0.42 \sqrt{t_p} \right) \quad (3.58)$$

Гідрографічний коефіцієнт K_G використовується для врахування форми басейну при розрахунках максимального стоку. Розрахунок гідрографічних коефіцієнтів проводиться відповідно для розвиненого та уповільненого типів стоку. Професором Є.Д. Голченко [64, 65] отримані наступні загальні вирази для гідрографічних коефіцієнтів

а) при $t_p < T_0$

$$K_{\Gamma} = K_1 = \frac{1 - \frac{m+1}{(m'+1)(m'+m+1)} \left(\frac{t_p}{T_0}\right)^{m_1}}{-\frac{1}{m'+1} \left(\frac{t_p}{T_0}\right)^n}; \quad (3.59)$$

б) при $t_p \geq T_0$

$$K_2 = \frac{m+1}{m} - \frac{m_1+1}{m(m+m'+1)} \left(\frac{T_0}{t_p}\right)^m. \quad (3.60)$$

Параметр m приймається відповідно до табл. 3.15.

Таблиця 3.15 – Показник степеня m , який характеризує криві еквідистант

Характеристика басейну	Площа басейну, F , км ²	Показник степеня, m
Великі та середні річки з сильним розширенням у середній та верхній частинах водозборів	> 5000	0,5÷0,8
Середні і малі річки з розширенням до витoku та лопатевою формою річкової системи в плані	2000÷5000	1,0
Малі річки з витягнутою формою басейну в довжину та добре розвиненою річковою системою	< 2000	2,0

Розрахунок коефіцієнта K_{Γ} проводиться в залежності від співвідношення $\frac{t_p}{T_0}$ при $m' = 0,5$ та заданому m на основі допоміжної табл. 3.16.

Таблиця 3.16 – Гідрографічні коефіцієнти K_{Γ} (при $m' = 0,5$)

$\frac{t_p}{T_0} \backslash m$	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	50,0
0,5	1,0	1,04	1,07	1,19	1,33	1,47	1,63	2,04	2,38	2,57	2,61	2,79
1,0	1,0	1,04	1,07	1,16	1,27	1,39	1,50	1,75	1,90	1,95	1,95	1,95
2,0	1,0	1,09	1,06	1,12	1,30	1,28	1,35	1,46	1,48	1,48	1,48	1,48

Редукційний коефіцієнт знаходиться за базовою формулою

$$\varepsilon_{\Pi}' = \frac{Q_{1\%} t_p}{0.28 Y_{1\%} K_y \varphi K_r}. \quad (3.61)$$

Вихідні дані для обчислення редукційного коефіцієнта ε_{Π}' за формулою (3.61) представлені в табл. 3.17.

Таблиця 3.17 – Вихідні дані для розрахунку редукційного коефіцієнта ε_{Π}' за формулою (3.61)

$Q_{1\%},$ $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$Y_{1\%} \cdot K_y,$ мм	$t_p,$ год	K_r	ε_{Π}' факт	ε_{Π}' граф	$\Delta \varepsilon_{\Pi}',$ %
0,430	20,0	7,2	1,47	0,376	0,52	38,3
1,320	24,1	4,8	1,44	0,652	0,70	7,36
1,180	22,4	7,9	1,48	0,976	0,66	-32,3
0,872	21,0	6,8	1,47	0,529	0,57	7,81
0,069	13,0	28,9	1,50	0,354	0,34	-3,95
0,115	14,6	16,0	1,48	0,304	0,37	21,7
0,025	8,46	36,2	1,95	0,200	0,24	20,0
0,196	17,7	18,3	1,49	0,485	0,47	-3,35
0,510	18,5	7,6	1,47	0,510	0,52	0,20
0,075	12,4	24,8	1,49	0,360	0,34	-5,55
0,132	13,6	16,0	1,49	0,372	0,38	2,15
0,014	6,23	52,6	1,95	0,216	0,22	1,85
0,013	5,32	76,6	2,72	0,240	0,20	-16,7
0,058	12,0	25,6	1,50	0,294	0,32	8,84
0,063	10,9	30,0	1,50	0,413	0,32	-22,5
0,016	6,46	51,8	1,98	0,232	0,24	3,70
0,096	11,8	22,7	1,50	0,440	0,36	-18,2
0,108	12,7	16,5	1,48	0,339	0,39	15,0
0,028	7,70	32,0	1,93	0,215	0,27	25,6

Для розрахунку коефіцієнта зарегульованості використовувалася формула, запропонована в СНиП 2.01.14-83 [49]

$$\delta_0 = \frac{1}{1 + C f_0'}, \quad (3.62)$$

де C – параметр, що приймається в залежності від розрахункового шару стоку за [49];

f_0' – середньозважена озерність водозбору (‰), що визначається за виразом

$$f_0' = \frac{f_0 - 2}{2.8}, \quad (3.63)$$

де f_0' – відносна озерність, ‰.

Якщо загальна озерність менше 2 ‰, то $\delta_0 = 1,0$. Враховуючи, що відносна зарегульованість водозборів досліджуваного району в середньому не перевищує 1 ‰, δ_0 прийнятий рівним 1,0.

Перехід до характеристик максимального стоку різної забезпеченості виконується на основі перехідного коефіцієнта λ_p (табл. 3.18).

Таблиця 3.18 – Значення коефіцієнтів забезпеченості λ_p

$P,$ %	0,2	0,5	1,0	3,0	5,0	10,0
λ_p	2,50	1,80	1,00	0,77	0,63	0,50

3.3.2 Розрахунок характеристик максимального стоку p . Свинна

Розрахунок характеристик максимального стоку p . Свинна був проведений за методикою, описаною в пункті 3.4.1.

Модуль стоку $q_{1\%}$ обчислювався за формулою (3.48). Для цього визначалися наступні параметри.

Шар схилового припливу $Y_{1\%}$ розраховувався з використанням (3.49), при цьому для оброблюваних земель коефіцієнт d_k приймався рівним 0,9, шар водоутруєння 1 %-ої ймовірності перевищення $S_{1\%}$ відповідно до табл. 3.9

дорівнює 42,8 (тип ґрунтів – чорноземи звичайні важкосуглинкові), втрати на затримання в нерівностях мікрорельєфу $P_3 = 1,22$ мм, втрати на спаді схилового стоку R_τ обчислювалися за формулою (3.54), де $R_{\tau F=0} = 4,46$ мм, $K'' = 0,76$, $R_\tau = 5,8$ мм, а для земель під багаторічними травами $d_k = 0,1$, $S_{1\%} = 39,9$ мм, $P_3 = 3,68$ мм, $R_\tau = 4,8$ мм ($R_{\tau F=0} = 3,52$ мм, $K'' = 0,76$). Отже, $Y_{1\%} = 29,1$ мм.

Час руслового добігання t_p визначався як відношення гідрографічної довжини l та швидкості добігання V_d (3.55), де гідрографічна довжина річки $l = 54,1$ км (за даними паспорту [3]), швидкість добігання V_d розраховувалась за формулою (3.56), при $J_{cp} = 7$ ‰, $F = 772$ км², значення V_d було отримане рівним 6,4 км/год. Таким чином, $t_p = 8,5$ год.

Коефіцієнт нерівномірності розподілу по території шару припливу K_y обчислювався за рівнянням (3.50). Отримано $K_y = 0,43$.

Коефіцієнт повноти схилового стоку ϕ при $t_p > T_0$ ($t_p = 8,5$ год, $T_0 = 2,5$ год) приймався рівним 1.

Гідрографічний коефіцієнт K_r визначався за допомогою табл. 3.12 при $\frac{t_p}{T_0} = 3,4$ та $m = 2$. Отримано $K_r = 1,47$.

Редукційний коефіцієнт ε'_n визначався лінійною інтерполяцією між сусідніми значеннями, представленими в табл. 3.13. Отримано $\varepsilon'_n = 0,34$.

Коефіцієнт зарегульованості $\delta_0 = 1$, що пов'язано з загальною озерністю водозбору річки, яка дорівнює 0,2 %.

Коефіцієнт забезпеченості $\lambda_p = 1$.

Підставляючи вищезазначені параметри в (3.48), модуль стоку 1 %-ої забезпеченості отримаємо $q_{1\%} = 0,206$ м³/(с·км²) або $Q_{1\%} = 160$ м³/с.

3.4 Внутрішньорічний розподіл стоку р. Свинна

За внутрішньорічним розподілом, який надається у паспорті р. Свинна [3], у багатоводний рік річка пересихає з вересня по листопад, у середній за водністю рік – з серпня по листопад. У маловодний рік стік спостерігається лише у березні та грудні.

Аналіз просторово-часових узагальнень характеру внутрішньорічного розподілу стоку, наведених у [8], показало, що описаний у паспорті р. Свинна розподіл стоку найкраще відповідає району XV (табл. 3.19).

Розрахунки розподілу стоку по місяцях, визначені на основі цієї типової схеми, виконані для природного стоку річки (табл. 3.20).

Таблиця 3.19 – Типова схема розподілу (%) річного стоку у характерні за водністю роки (район XV) [8]

Водність року	За місяцями												За сезонами			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Весна (III-V)	Літо (VI-VIII)	Осінь (IX-XI)	Зима (XII-II)
Багатоводний	2,9	4,9	22,2	49,2	5,3	4,9	4,0	2,9	0,0	0,0	0,0	3,7	76,7	11,8	3,7	7,8
Середній	2,9	6,9	20,3	51,5	6,8	6,6	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	78,6	9,7	1,9	9,8
Маловодний	0,0	5,6	24,9	48,9	12,6	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,4	8,0	0,0	5,6

Таблиця 3.20 – Внутрішньорічний розподілу (мм) стоку р. Свинна у природних умовах у характерні за водністю роки (район XV)

Водність року	За місяцями												За сезонами			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Весна (III-V)	Літо (VI-VIII)	Осінь (IX-XI)	Зима (XII-II)
Багатоводний	1,01	1,70	7,7	17,0	1,8	1,7	1,3	1,0	0,0	0,0	0,0	1,3	26,6	4,09	1,28	2,71
Середній	0,24	0,57	1,7	4,27	0,6	0,6	0,3	0,0	0,0	0,00	0,0	0,1	6,52	0,81	0,16	0,81
Маловодний	0,00	0,00	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00

4 БІОМОНІТОРИНГ, СКЛАД ТА ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ІНДИКАТОРНОГО ТАКСОЦЕНУ *DIPTERA* ВОДОЙМ ГИРЛОВОЇ ДІЛЯНКИ РІЧКИ СВИННА, ПАЛІЙОВСЬКОЇ ЗАТОКИ ТА ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ

Оцінюючи причини глобальної деградації екосистем, П'ятою міжурядовою конференцією «Біорізноманіття в Європі» визначено: *«Деградація біорізноманіття має глибоке коріння в соціально-економічній структурі нашого суспільства. Домінуюча економічна структура призводить до того, що природні ресурси виявляються дешевими в порівнянні з працею людини. Дешеві природні ресурси, у свою чергу, призводять до схем виробництва і споживання з енергоємними і матеріаломісткими продуктами і послугами, які, в кінцевому рахунку, приводять до надмірної експлуатації ресурсів. Все це базується на домінуючих в суспільстві силах: споживацтво, матеріалізм, втрата ідентичності і традиційного укладу життя і втрата зв'язків з природою. У такій структурі суспільство не розуміє і не цінує природу і послуги екосистем»* [66]. Наведена цитата в повній мірі відображає підгрунтя катастрофічної ситуації в локальному місці – водній екосистемі верхньої частини Хаджибейського лиману, включаючи його Палійовську затоку та водойми гирлової ділянки р. Свинна.

4.1 Критерії розбудови біомоніторингу водойм гідроекосистеми верхньої частини Хаджибейського лиману

Методологія побудови моніторингу повинна бути спрямована не тільки на відображення стану та навантаження на біорізноманіття, але й на виявлення руйнівних факторів. В зв'язку з цим кінцева мета моніторингу полягає в забезпеченні інформації, необхідної для планування, прийняття рішень та оперативного управління реабілітацією водойм, що має основне значення для охорони здоров'я людей та навколишнього середовища в цілому [67].

Такий підхід повною мірою відповідає прийнятій міжнародною спільнотою концепції DPSIR (driving force-pressure-state-impact-response), та її модифікаціях для різних рівнів моніторингу – PSR (pressure-state-response), DSR (driving force-state-response) [68]. Крім того, у розбудові моніторингу дотримуємося таких вимог як валідація даних (передбачає регулярну перевірку і контроль знову зібраних даних, виявлення аномальних і недостаючих значень тощо), придатних для транскордонної оцінки водних ресурсів, що забезпечується більшою мірою порівнянність даних, а не уніфікацією методів.

Для отримання валідних даних потрібна адекватна добірка біоіндикаторів, але процес їх вибору традиційно є складною проблемою.

У загальному вигляді вимоги до біоіндикаторів зводяться до наступного:

- високе таксономічне та екологічне різноманіття;
- тісний зв'язок з ідентифікаційними умовами;
- висока екологічна точність реакції на зміну факторів середовища;
- відносно висока чисельність і мінімум її флуктуації;
- широкий ареал;
- доступність у визначенні таксономічної належності;
- наявність достатньої інформації про їх екологію (на підставі чого встановлюються причинні зв'язки між екологічним стандартом індикаторів і сукупністю факторів середовища);
- функціональна важливість в екосистемі.

У переважній більшості методик для біоіндикації використовується бентос. При цьому основна увага приділяється використанню чутливих таксонів бентосу в системі види-індикатори та біотичні індекси. Підхід, заснований на видах-індикаторах, передбачає їх поділ на дві групи: толерантні (чутливі) види, чисельність яких зменшується у міру збільшення ступеня забруднення, та інтолерантні (мало чутливі) види, чисельність яких збільшується при забрудненні.

До видів першої групи частіше відносять личинок рядів *Ephemeroptera* – одноденки, *Trichoptera* – волохокрильці, *Plecoptera* – веснянки.

Прикладами видів другої групи у більшості методик відносять водяний віслючок (*Asellus aquaticus*), гамарус (*Gammarus pulex*), карась (*Carassius carassius*) та цілий ряд інших видів безхребетних і риб.

На основі цих підходів мають на увазі інтегральні системи оцінки одержуваних даних, які включають встановлення взаємозв'язків між біологічними показниками та екологічними умовами.

Для текучих вод прикладом може служити така система як RIVPACS [69], що використовується в моніторингу текучих вод країн Британської співдружності і екстрапольована в системі європейських країн (чеський протокол PERLA, шведський протокол NORDIC, загальноєвропейський протокол AQEM, голландський – EBEOSWA тощо). Разом з тим, є досить багато критичних зауважень і за системою RIVPACS та за її похідними [70, 71]. Недоліки системи зводяться до твердження, що моделі, які використовуються в RIVPACS, швидше емпіричні, а не засновані на екологічній теорії і розумінні причинно-наслідкових зв'язків [72].

Інтегральним системам оцінки середовища в деякому сенсі протиставляються індекси та показники, за допомогою яких оцінюється якість води. Це може бути видове багатство або число видів в окремих таксономічних групах, структурні показники спільнот (таксономічна і вікова структура), функціональні показники, такі як трофіка, і власне біотичні індекси.

Індекси, засновані на видовому багатстві і видовій структурі спільнот використовуються в системах моніторингу вод переважного числа країн ЄС. Через складність охоплення всього видового багатства екосистеми оцінка проводиться для окремих спільнот або, що частіше за все, систематичних груп (таксоценів). Прикладом може послужити один з найбільш широко поширених індексів на основі видового багатства EPT Index. Цей індекс заснований на числі видів трьох таксоценів: *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*, представники яких є чутливими до різного роду забруднень. Однак і тут присутній суттєвий недолік, який полягає в тому, що цей індекс може використовуватися тільки для чистих і слабо забруднених вод. У помірно і сильно забруднених водах представники *Ephemeroptera*, *Plecoptera* і *Trichoptera* відсутні, за винятком родин *Baetidae* і *Caenidae*.

У деяких випадках використовується ETO Index (*Ephemeroptera* + *Trichoptera* + *Odonata*). Але, в свою чергу, індекс ETO є менш чутливим в порівнянні з EPT, так як ряд *Odonata* містить більш толерантні до забруднення види порівняно з рядом *Plecoptera*.

Критерій таксономічної структури включає параметри співвідношення чисельності різних систематичних груп, домінуючих комплексів видів, абсолютна і питома чисельність толерантних (інтолерантних) видів, ранговий розподіл та ін.

Одним з найбільш часто використовуваних показників в системі моніторингу є співвідношення чисельності або числа видів різних систематичних груп. Ці співвідношення, як правило, побудовані на відносній чисельності високочутливих видів до чисельності інтолерантності решти видів.

До структурних показників відносяться загальновідомі характеристики, що відображають структуру спільнот в цілому. Це видове багатство, індекс видового різноманіття Шеннона, індекс домінування Сімпсона, індекс Маргалєфа, ранговий розподіл видів та інші. До недоліків структурних характеристик спільнот зообентосу за Шенноном, Сімпсоном, Маргалєфом, як методу біоіндикації, відноситься вузький діапазон видів-індикаторів, що використовуються для конкретного розрахунку.

Тому структурні характеристики спільноти зообентосу використовуються паралельно з різними біотичні індексами для лотичних вод (Trent Biotic Index – TBI [73], Family Biotic Index – FBI [74], Belgian Biotic Index – BBI [75] і (або) для лімнічних (Biological Monitoring Working Party Index – BMWP [76], Danish Stream Fauna Index – DSFI [77]), що дає надію на комплексне і достовірне відображення якості води.

Разом з тим, в літературі неодноразово вказано на недоліки практично всіх існуючих методик, що перешкоджає принципу вірогідності.

Серед них, як уже було сказано, недостатня чутливість для структурних показників за індексами Шеннона і Сімпсона. Потім недостовірним виявився

зв'язок індексів ВВІ і ASPT з іншими індексами [78], що суперечить принципу наслідування і порівнянності результатів. Кореляційний аналіз достовірності іншої сукупності біотичних індексів показує, що одні з найкращих індексів BMWP і ASPT можуть переоцінювати якість води, тому що не містять достатньої кількості стійких до забруднення видів [79, 80]. Крім того, важливою вимогою до вибору тих чи інших індексів для системи біоіндикації є обов'язковий облік регіональної специфіки басейну і фауни індикаторних безхребетних [81]. Особливо важливим це положення виявляється для умов Палійовської затоки, де діапазон умов середовища вже при первинній візуальній оцінці вкрай широкий – від специфічних, але відносно нормальних (у водоймах, сполучених з лиманом) до вкрай деградованих.

Таким чином, для вирішення завдань до підбору індикаторної групи відносно екологічної оцінки водним гідроєкосистеми верхньої частини Хаджибейського лиману в умовах поточного часу і для контролю ходу його реабілітації подаються особливі вимоги – широкий вибір толерантності (від екологічного благополуччя до крайнього ступеню деградації, коли життя для більшості організмів неможливе).

В якості такої групи ми знаходимо прийнятним таксоцен амфібіотичних бентобіонтів з ряду двокрилих, підрядів коротковусих і довговусих (*Diptera: Brachicera, Nematocera*).

Еволюційно водне середовище зіграла особливу роль у становленні ряду двокрилих [81]. Загальний аналіз спектру амфібіотичних двокрилих показав, що найбільша кількість видів водних двокрилих належить не до *Brachicera*, а до підряду *Nematocera*. Тільки серед *Nematocera* є родини, надродина і навіть інфраряди, де личинки всіх видів (або практично всіх) живуть у воді. Такі інфраряди *Blephariceromorpha* – з родинami *Blephariceridae* і *Deuterophlebiidae*, *Culicomorpha* – з родинami *Nymphomyiidae*, *Dixidae*, *Corethrellidae*, *Culicidae*, *Chaoboridae*, *Thaumaleidae*, *Simuliidae*, *Chironomidae* і *Ceratopogonidae* (тільки серед двох останніх є наземні личинки), та *Ptychopteromorpha* – з родинami *Ptychopteridae* і *Trichoceridae*. Серед ще двох інфрарядів (*Tipulomorpha* і *Psychodomorpha*) водні личинки є в родинам *Tipulidae*, *Limoniidae* і *Psychodidae*. Тільки в двох інфрарядах *Nematocera* немає водних личинок, це – *Bibionomorpha* і *Axymyiomorpha*.

У підряді *Brachycera* тільки в родині *Athericidae* личинки всіх видів живуть у воді. В інших родинам зв'язок з водним середовищем характерний лише для частини видів в родинам *Stratiomyidae*, *Tabanidae*, *Empididae* і *Dolichopodidae*. Ще слабкіший зв'язок з водним середовищем у вищих двокрилих. Серед них немає цілком водних груп на рівні родини, лише в небагатьох підродинах практично всі личинки водні (*Eristalinae* – з *Syrphidae*, *Tetanocerinae* – з *Sciomyzidae*, та *Coenosinae* – з *Muscidae*). Серед *Ephydridae* і *Scathophagidae* тільки окремі роди розвиваються у воді.

За широтою освоєння різних водних середовищ двокрилі перевершують всіх інших комах. Крім континентальних вод, двокрилі з *Chironomidae* (роди *Thalassomyia*, *Clunio*, *Belgica*, *Telmatogeton*, *Paraclunio*), *Tabanidae* та деякі інші засвоїли морські води. Двокрилими заселені всі типи прісноводних середовищ, а також болота і марші.

Личинки зустрічаються в межах бенталі, пелагіалі і на поверхневій плівці. Більшість водних личинок двокрилих веде придонний спосіб життя або живе у вологому ґрунті на берегах водойм. Найбільш звичайні донні мешканці – личинки *Chironomidae* (інфікують в основному стоячі водойми, але також і водотоки), деякі *Ceratopogonidae*. У придонних шарах, але на невеликих глибинах мешкають *Athericidae*, водні *Muscidae*, *Tanyderidae*, *Tipulidae*, *Limoniidae*, *Tabanidae*, *Stratiomyidae*, *Ptychopteridae*, *Syrphidae*.

Багато двокрилих живуть в таких місцях, де є тонка плівка текучої води. Це личинки деяких *Stratiomyidae* (рід *Oxycera*) і *Thaumaleidae* (у останніх спинна сторона тіла знаходиться над поверхні води). На межі води і повітря мешкають личинки *Dixidae*.

Ресурси водойм і водотоків використовуються личинками двокрилих різних трофічних груп. Переважна більшість харчується детритом, органічними суспензіями і мулом, мікроскопічними організмами, одноклітинними водоростями. Сюди відносяться такі масові мешканці прісних вод, як більшість *Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Simuliidae*, *Culicidae*, *Psychodidae*, *Stratiomyidae*, *Syrphidae*, *Limoniidae*, *Tipulidae*. Досить багато серед личинок двокрилих хижаків, до яких відносяться *Tabanidae*, *Athericidae*, *Empididae*, *Dolichopodidae*, *Chaoboridae*, *Muscidae*, *Sciomyzidae*, *Limoniidae*. Лише деякі з них є фітофагами (*Cylindrotomidae*, деякі *Chironomidae*) або паразитами інших водних тварин.

У двокрилих еволюційно вироблена найвища стійкість личинок до самих екстремальних життєвих умов. Наприклад, в природних умовах заселяють кислі води та води з високим вмістом мінеральних солей. Наприклад, деякі *Stratiomyidae* витримують засолення до 104 г/дм³. Личинки деяких двокрилих витримують гіперсапробну ступінь органічного забруднення (багато хто з *Syrphidae*, *Stratiomyidae*, *Ptychopteridae*, *Psychodidae*), перевершуючи в цьому відомих сапробіонтів – хробаків роду *Tubifex*. Крім того, деякі групи двокрилих здатні розвиватися в умовах, смертельних для інших тварин. Так, личинки *Scatopsidae* – *Coboldia fuscipes*, успішно харчувалися тканинами рептилій, що зберігаються у формаліні. Личинки *Stratiomyidae* (*Nemotelus notatus*) без шкоди перенесли 24-годинне перебування у сорокавідсотковому формаліні. В сірководневих джерелах живуть личинки *Ephydridae* – *Paracoenia fumosa*, *Syrphidae* – *Eristalinus sepulchralis*, *Ceratopogonidae* – *Culicoides subneglectus* і *Palpomyia rufipes*. В скидах води з бавовняних полів, насичених пестицидами, розвиваються личинки мокреців *Culicoides puncticollis*, кровосисних комарів *Anopheles hyrcanus* і мух-береговушек *Ephydra pseudomurina*. У стоках

свиноферм мешкають личинки гедзів *Heptatoma pellucens*, зустрічаються мокреці *Culicoides longicollis*. У залитих водою помийних ямах, фільтрах стічних вод, вигрібних ямах вбиралень, каналізаційних скидах мешкають личинки *Tabanidae* (*p. Tabanus*), *Stratiomyidae* (*Stratiomys chamaeleon*) і види родин *Anisopodidae*, *Phoridae*. У водоймах, забруднених мазутом і бензином, живуть деякі личинки гедзів і мух-береговушек. Личинки левинок *N. notatus* в досліді переносили 5-годинне утримання в нафті. Вони ж жили 100 годин в абсолютному спирті та не гинули при нагріванні до 54 °С. Личинки дзюрчалок *Eristalinus sepulchralis* кілька діб жили в 5%-му розчині сірчаної кислоти при $pH = 1$. Личинки мух-береговушек *Setacera breviventris*, *Brachydeutera ibari* і личинки *Tethinidae* - *Rhinoessa grisea*, в масі равіваються в лужних калюжах на підлозі засолювальних і забійних цехів [82-87]. Аналогічно, у стічних водах Північної Америки неодноразово реєструвалися личинки двокрилих родин *Ceratopogonidae*, *Syrphidae*, *Tabanidae*, *Phoridae*, *Chironomidae*, *Culicidae*, *Psychodidae*, *Chaoboridae*, *Ephydriidae*, *Stratiomyidae* [88].

Аналіз літератури з цієї проблеми показав, що в даний час антропогенний вплив на водойми створює особливе середовище існування для двокрилих, в якому відсутня міжвидова конкуренція з боку інших таксоценів, що створює передумови для масового розвитку багатьох видів двокрилих з *Brachicera* [89-94]. Таким чином, вищеописані особливості бентосних *Brachicera* повною мірою відповідають критерію толерантності до вод з високим рівнем забруднень.

Група родин з *Nematocera* цьому відношенні більш різномірна. До їх складу входять сукупності видів, що відображають весь діапазон життєвих умов – від екстремальних до екологічно благополучних.

В оцінці придатності *Nematocera* в якості індикаторного таксоцену відразу випускаємо групи, які становлять планктонну життєву форму і зупиняємося на таксоцені бентосних. У цьому відношенні найбільш цікаві *Chironomidae* і деякі *Tipulidae*.

Так, личинки хірономід заселяють водойми і водотоки всіх типів, досягаючи в них щільності до кількох тисяч особин на 1 м². У сприятливих умовах проживання вони переважають над іншими донними тваринами. У літературі, що стосується досліджень з проблем функціонування водних об'єктів, вказується, що личинки хірономід також мають провідне значення у функціональній ролі донних угруповань.

За Е.В. Балушкіною [95, 96] біоіндикаційні властивості *Chironomidae* полягають у тому, що вони підсумовують всі без винятку біологічно важливі дані про навколишнє середовище і відображають її стан як в цілому, так і відображають швидкість і напрям сукцесій, вказують шляхи та місця скупчення різного роду забруднень та ін. В цілому – допомагають нормувати припустиме антропогенне навантаження на екосистеми [97-99].

Для хірономід відпрацьовано досвід використання на організмовому, популяційному, біоценотичному і екосистемному рівнях моніторингу.

Організмовий рівень передбачає відстеження реакції на антропогенний вплив, які проявляються у біохімічних і фізіологічних змінах організму тест-об'єкту, даючи раннє попередження про зміни в здоров'ї екосистеми. Як показник впливу антропогенного навантаження можуть використовуватися морфологічні деформації що виникають у хірономід з забруднених середовищ. До оцінок на організмовому рівні відносяться також реакції життєвих циклів з параметрами виживаності (або смертності), зростання періоду репродуктивного циклу або його зменшення [100].

На популяційному рівні відпрацьовані оцінки концентрації полютантів у навколишньому середовищі [101]. Комплекси видів хірономід широко використовуються з метою трофічної класифікації озер [102-105].

Використання хірономід на екосистемному рівні рідкісні через високу вартість проведених робіт [106, 107]. Тому хірономіди успішніше використовуються в кількісних методах індикації на рівні спільнот (таксоценів) [108]. Цікавий також якісний метод швидкої оцінки (rapid assessment technique), в якому протягом тривалого часу використовуються хірономіди [109]: оцінка видового складу або багатство таксономічної групи (richness), що має індикаційну значимість; визначення відносної щільності різних таксономічних груп; оцінка різноманітності спільнот (community diversity) з визначенням видового багатства і чисельності виражених у вигляді сумарної статистичної одиниці; зіставлення структури спільнот в просторі та часі; біотичні індекси; встановлення трофічної структури і т. д. Особливо слід відзначити комбіновані індекси, що поєднують кілька категорій параметрів оцінок [110-113]. Разом з тим, незважаючи на ту увагу, яку фахівці приділяють хірономідам, більшість загальноекологічних робіт ігнорують цю групу або приділяють їй незначну увагу, звичайно обмежуючись невеликим списком широко розповсюджених видів [114].

Узагальнюючи викладене можна з упевненістю прийняти таксоцен *Diptera* для біоіндикації динаміки екосистеми водойм верхньої частини Хаджибейського лиману при всіх можливих ступенях забруднення і мінералізації вод. Цей таксоцен дає обґрунтовану перспективу у визначенні характеру і напрямку гідроекологічної динаміки, яку важливо контролювати при екологічній реабілітації даного водного об'єкту.

Як було визначено вище, принцип валідності отриманих даних при моніторингових обліках потребує методики адекватної особливостям індикаторної групи гідробіонтів. Між тим в основу багатьох методик, що використовуються в екологічному моніторингу, покладені традиційні гідробіологічні підходи - якісний і кількісний облік життєвих форм (планктон, бентос і т. п.) з параметрами біомаси, загальної чисельності тощо [115-118].

Іншими словами, індикатором стану середовища в цьому випадку виступає нібито жива речовина, яка оцінюється як біопродукція з критерієм «багато-мало». Але до складу такої «живої речовини» входять конкретні види гідробіонтів з індивідуальним екологічним стандартом і індивідуальною реакцією на динаміку параметрів екологічного осередку. Звідси оцінки «продукційно-речовим» способом за асортиментом і масою, які облагороджені індексами біорізноманіття, часто дають збої і є не валідними з точки зору біоіндикації. Тому більш прийнятними знаходимо еколого-фауністичні критерії в сукупності з характеристиками відношення складових таксоценів до галобності, сапробності і таке інше, що більшою мірою відображає вплив загального стресу на екосистему [119].

Що стосується Палійовської затоки, яка являє собою сукупність різнорідних водойм у континуумі р. Свинна, то тут вбачається необхідність в особливому підборі методики екоіндикації. Як вже було зазначено раніше, у виборі екологічного індикатора для оцінки стану екосистеми Палійовської затоки нами визначається структура таксоцену водних двокрилих. При виборі цього таксоцену, крім обумовлених вище екологічних особливостей, не обійшли увагою поширену думку про те, що: *«... головною вимогою до біоіндикаторами є можливість їх розрахунку за допомогою результатів стандартних гідробіологічних зйомок»* [120]. Але такий підхід щодо методик збору та обробки даних не узгоджується з основною концепцією DPSIR, з якої випливає положення про пріоритет порівнянності одержуваних даних.

Логіка пріоритету порівнянності результатів полягає в тому, що біоіндикаторами є конкретні видові популяції з різних таксономічних груп і для кожної з них виявлення видів та їх облік має свої фундаментальні особливості: методи збору та обліку повинні бути адекватні саме екологічним і поведінковим особливостям даного таксоцену, що обумовлює адекватність методу і визначає його ефективність. Ґрунтуючись на цих особливостях, потрібно підбирати найбільш відповідні до індикаторів методи збору и статистичної обробки даних [121].

Статистичні принципи вибіркового дослідження, викладені в багатьох посібниках [122-124 й ін.], розроблені досить повно, однак і тут не існує універсальних вибірових методів. Тому приймаємо загальну методологію еколого-фауністичних досліджень, які дають прийнятні дані для використання їх у різних системах обробки польових обліків. Наприклад, розрахунків індексів видового багатства (індекси Маргалєфа, Менхінка, індекс Шенона, міра різноманітності Макінтоша тощо), при порівнянні місць-існування – міра Уїттекер, міра Коуді, міра Ратледж й ін.

На користь еколого-фауністичного підходу говорить те, що дані таких вибірок придатні для розрахунку коефіцієнтів, прийнятих у різних методах якісних розрахунків – коефіцієнт Чекановського-С'еренсена, Браун-Бланке,

коефіцієнт Жаккара і багатьох інших. Дійсно, в основі розрахунків різноманітних індексів і коефіцієнтів, що широко застосовуються у методиках гідробіологічного моніторингу, лежать такі параметри як видовий склад, щільність популяції, частота, домінування. Ці ж параметри в сукупності з індивідуальними індексами сапробності входять до методики розрахунку різноманітних біотичних індексів. У цьому зв'язку на поточний період робіт приймаємо за основу саме показники щільності, частоти.

Щільність (V) – середня кількість особин виду в перерахунку на одиницю обліку:

$$V = k / n, \quad (4.1)$$

де k – сума всіх особин виду у всіх пробах;

n – кількість оброблених проб.

Частота (P), або коефіцієнт попадання, – показник відносного числа проб, в яких представлено даний вид, до загальної кількості досліджених проб:

$$P = 100 \cdot m / N, \quad (4.2)$$

де m – число проб, в яких представлено даний вид;

N – загальна кількість досліджених проб.

Показником питомої ваги може бути коефіцієнт присутності, який відображає відношення щільності до частоти

З накопичення матеріалів отримані дані можуть трансформуватися в системи інших розрахунків.

Відносно методик польових вибірок конкретних таксонів за текстом будуть відповідні посилання на літературні джерела.

Таксоцен передімагіальних стадій двокрилих, як було показано вище, є одним з найбільш репрезентативних з точки зору відображення найширшого діапазону абіотичних умов екологічного осередку. Крім того, суттєвим є те, що деякі види личинок коротковусих двокрилих становлять реальну загрозу здоров'ю місцевому населенню як переносники бактеріальних, глисних, алергічних захворювань. А такі, як широко поширені личинки *Eristalis tenax* (*Syrphidae*), поселяються у легенях і дихальних шляхах людей і визивають захворювання на міаз. Наукою також встановлено, що при масовому вильоті і роїнні комарі-дзвінці (*Chironomidae*) викликають у людей, які живуть поблизу великих водойм, різні алергії, бронхіальну астму, риніти та сезонні кон'юнктивіти.

Отже, вивчення таксоцену водних двокрилих, крім оцінки екологічного стану водойм верхньої частини Хаджибейського лиману і розбудови системи моніторингу, має реальне медичне значення.

Між тим, як показує аналіз літературних джерел, у досліджуваній екосистемі ця група гідробіонтів для Хаджибейського лиману, Палійовської затоки та водойм екосистеми р. Свинна ще не вивчалась. За винятком переліку декількох видів хірономід у гідробіологічних оглядах стосовно Хаджибейського лиману відомостей про неї в літературі не існує. Таким чином, даною роботою вперше визначається видовий склад, структура таксоцену за відношенням до мінералізації, гідротопічного розподілу видів, органічного забруднення тощо. Ці дані лягають в основу розбудови методології поточних гідроекологічних оцінок і подальшого моніторингу динаміки екологічної реабілітації водойм верхньої частини Хаджибейського лиману, у тому числі його Палійовської затоки та водойм гирлової ділянки р. Свинна. В роботі задіяні методики польових і камеральних досліджень відповідно еколого-біологічної специфіки складових таксоцену двокрилих на що є посилання.

4.2 Видовий склад таксоцену *Diptera* досліджених водойм

На сьогодні зареєстровано 58 видів з 11 родин (*Stratiomyidae*, *Tabanidae*, *Empididae*, *Syrphidae*, *Sepsidae*, *Ephydridae*, *Dolichopodidae*, *Muscidae*, *Chironomidae*, *Limonidae*, *Ceratopogonidae*). Між тим через обмежений період досліджень передчасно робити висновки щодо повноти виявленого таксономічного складу, але навіть за цими попередніми даними можна визначити загальний еколого-біологічний обрис даного таксоцену.

У викладеному описі двокрилих надаються лише скорочені характеристики таксонів, що запобігає надмірному текстовому навантаженню даного розділу (з деталізованими даними можна ознайомитись у фаховій літературі, на яку є посилання стосовно кожного таксону). Також вважаємо корисним наведення діагностичних ознак для описуваних родин, що дає уяву про об'єкти обговорення.

Родина *Stratiomyidae* – Левинки.

Космополітична родина, світова фауна містить понад 2600 видів.

Імаго 2-20 мм, з вузьким або широким сплюсненим тілом. Забарвлення від цілком чорне до чорного з яскравими жовтими, зеленими або білими плямами і перев'язами, іноді з металевим забарвленням. Зазвичай сидять на рослинах, відвідують квітки, особливо парасолькових.

Личинки водні та наземні, мешкають у різних середовищах.

Водні личинки зазвичай живуть у прибережній частині водойми під тонким шаром води. В лімничних водах мешкають *Stratiomys*, *Odonthomyia*, *Oplodontha*, *Nemotelus* (рис. 4.1). Більшість личинок – сапрофаги, детритофаги та альгофаги [125, 126].

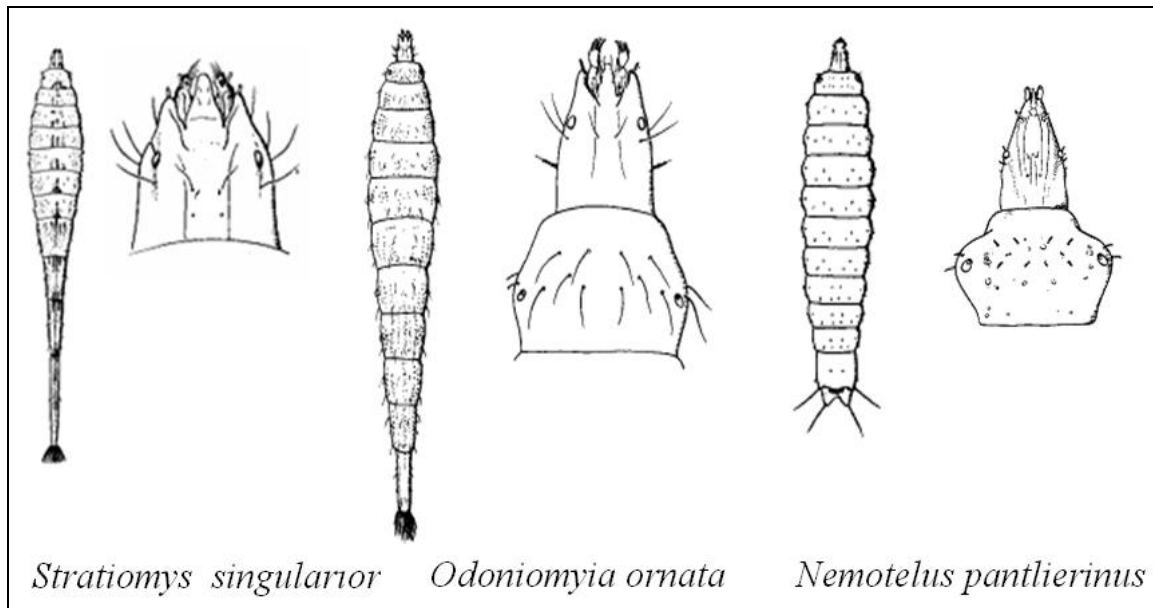


Рисунок 4.1 – Габітуальні ознаки личинок *Stratiomyidae*

Stratiomys longicornis (Scopoli, 1763). Південнопалеарктичний, лімничний літоральний епі-бентобіонт, мезогалоб, псамо-аргілофіл, сапрофаг.

Stratiomys singularior (Harris, 1776). Транспалеарктичний лімничний літоральний пелофільний бентобіонт, галофіл, детритофаг.

Stratiomys chamaeleon (L., 1758). Південоевропейський літоральний, супраліторальний пелофільний бентобіонт, евригалоб, детритофаг.

Stratiomys potamida (Meigen, 1822). Європейський літоральний бенто-епіфіт стоячих і слабо текучих вод. Олігогалоб, евриедафобіонт, детритофаг.

Odontomyia angulata (Panzer, 1798). Транспалеаркт, лімничний евриедафічний бенто-епіфіт, індіферент за галобністю, детритопелофаг.

Odontomyia argentata (F., 1784). Палеарктичний, лімничний супраліторальний епіфіт, олігогалоб-галофіл, евриедафобіонт, детритофаг.

Odontomyia tigrina (F., 1775). Палеарктичний, лімничний літоральний епіфіт, індіферент за галобністю, евриедафобіонт, сапрофаг.

Oxycera trilineata (L., 1767). Південна Палеарктика. Лотично-лімничний супраліторальний бенто-едафобіонт, індіферент за галобністю, аргілофіл, детритофаг.

Oxycera nigricornis (Olivier, 1812). Південна Європа. Лотична супралітораль, епіфіт, оліго-мезогалоб, пелофіл, сапрофаг.

Nemotelus pantherinus (L., 1758). Палеарктика. Лотична літораль, пелофільний бентобіонт, олігогалоб, детритофаг.

Nemotelus uliginosus (L., 1767). Європа. Супраліторальний в лімничних водоймах, бенто-епіфіт, мезогалоб, евриедафобіонт, сапрофаг.

Родина *Tabanidae* – Гедзі.

Родина *Tabanidae* відноситься до підряду коротковусих двокрилих, саме до групи прямошовних (*Brachycera, Orthorhapha*).

На сьогодні у світовій фауні налічується близько 3500 видів гедзів. Імаго гедзів як за кількістю, так і за різноманітністю видового складу частіше зустрічається на заболочених ділянках, на межах різних ландшафтів, у місцях випасу худоби. Самці живляться виключно соками рослин, а самки підчинним способом – ссанням крові та рослинними соками.

Яйця дуже стійки до високої концентрації солей. Личинки (рис. 4.2) багатьох видів досить стійки до виживання в гнилому, кислому і лужному середовищах [127-129].

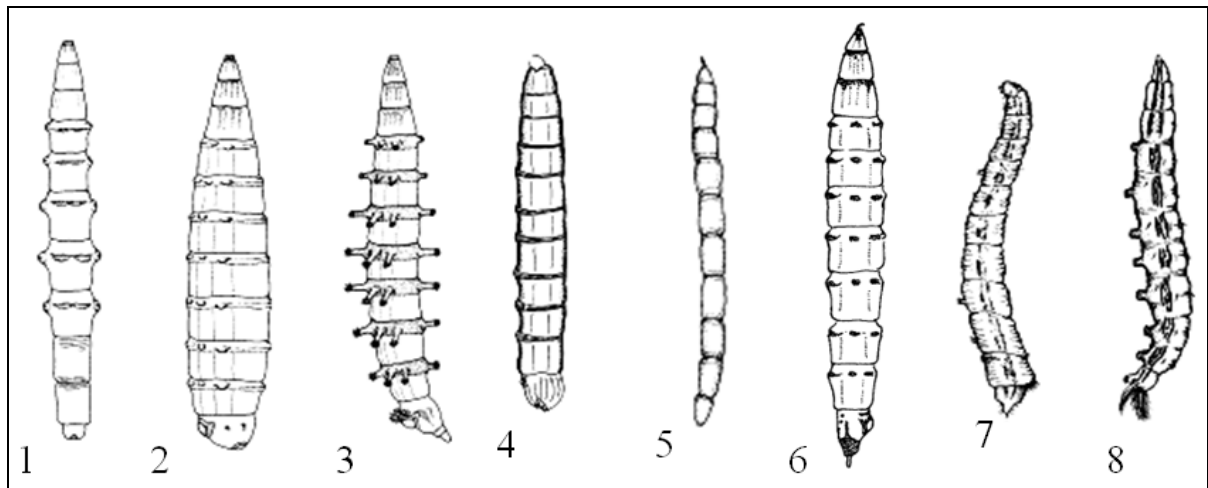


Рисунок 4.2 – Габітуальні ознаки личинок *Tabanomorpha*:

1 – *Pangonus* sp.; 2 – *Tabanus tergustinus*; 3 – *Tabanus cordiger*; 4 – *Rhagio* sp.;
5 – *Gtutops* sp.; 6 – *Chrysops* sp.; 7 – *Vermileo* sp.; 8 – *Atherix* sp.

Chrysops flavipes (Meigen, 1804). Європа. Псамофільний олігогалобний бентобіонт, сапрофаг.

Tabanus unifasciatus (Loew, 1858). Південна Європа. Лотична і лімнична супралітораль, індиферентний псамо-петрофільний бенто-едафобіонт, хижак і детритофаг.

Hybomitra acuminata (Loew, 1858). Південь Європи, Закавказзя, Казахстан, Середня Азія. Мілководдя слабопроточних водойм, олігогалоб, бентобіонт, пелофіл; хижак і сапрофаг, розвиток 2 роки.

Hybomitra erberi (Brauer. et Ber., 1880). Південь Палеарктики. Літораль лімничних водойм, моновольтинний бенто-епіфіт, олігогалоб, псамоаргілофіл, хижак і сапрофаг.

Hybomitra peculiaris (Szilady, 1914). Південь Палеарктики. Літораль слаботекучих і стоячих вод, бівольтинний бенто-епіфіт, індиферентний едафобіонт, хижак і сапрофаг.

Hybomitra ukrainica (Olsufjev, 1952). Середземномор'я. Літораль стоячих вод, бівольтинний бенто-епіфіт, пелофільно-псамофільний олігогалоб, хижак і сапрофаг.

Родина *Empididae* – Товкунці.

Еврибіонти, однак найбільш звичайні і численні в зволжених стаціях і вздовж берегів різних водойм. Преімагіальних стадії розвитку вивчені вкрай слабо. Личинки описані для обмеженого числа видів. Поділяються на водяних, напівводяних і ґрунтових. До водяних і напівводяних відносяться в основному підродини *Nemerodromiinae* і *Clinocerinae*.

Личинки водних і напівводяних емпідід хижакі, що харчуються личинками інших двокрилих (*Chironomidae*, *Psychodidae*, *Ceraiopogonidae* та *Simuliidae*). За формою тіла червоподібні, трохи потовщені ззаду (рис. 4.3), білі або жовті. Анальний сегмент розширений, анальний отвір знаходиться на нижньому боці останнього сегменту [130, 131].

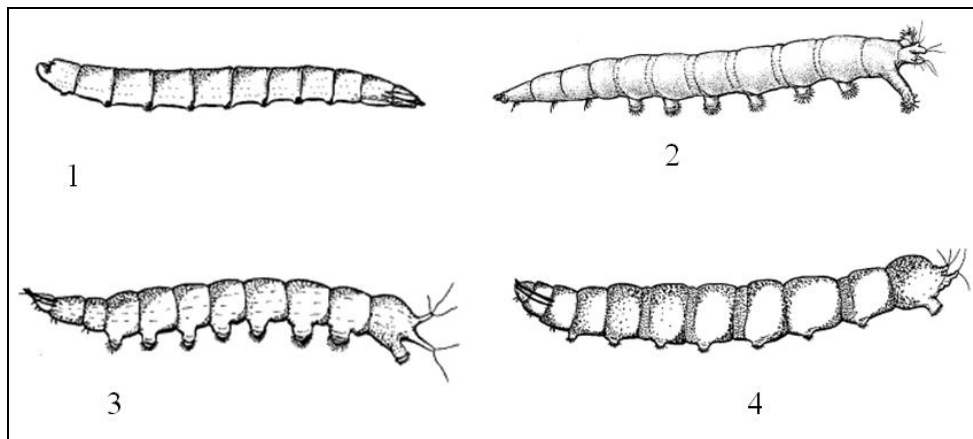


Рисунок 4.3 – Габітуальні ознаки личинок родини *Empididae*:

1 – *Phyllodromia* sp.; 2 – *Nemerodromia* sp.;

3 – *Wiedemannia* sp.; 4 – *Clinocera* sp.

Nemerodromia sp. (вид не визначено). В умовах Хаджибейського лиману і Палійовської затоки, за дослідженнями ОДЕКУ, характеризується як літоральний, супраліторальний бенто-епіфіт, псамо-аргілофіл, мезогалоб, хижак.

Dolichocephala sp. (вид не визначено). В умовах Хаджибейського лиману і Палійовської затоки, за дослідженнями ОДЕКУ, характеризується як супраліторальний бенто-епіфіт, псамо-пелофіл, мезогалоб, хижак.

Родина *Syrphidae* – Мухи-дзюрчалки («криски»).

Поширені всесвітньо. У світовій фауні описано близько 180 родів і 5500 видів.

Личинки вивчені недостатньо і відомі для відносно невеликої частини видів. Ведуть різноманітний спосіб життя і зустрічаються в самих різних біотопах, як наземних, так і водних. Всі відомі водні личинки відносяться до підродини *Erisialinae* і є сапрофагам в багатих органікою середовищах.

Личинки *Syrphidae* добре відрізняються від водних личинок інших двокрилих і зветься «щуріки» або «криски» (рис. 4.4): «короткохвості» (триба *Brachyopini*) або «довгохвості» (триби *Erisialini* та *Sericomyini*).

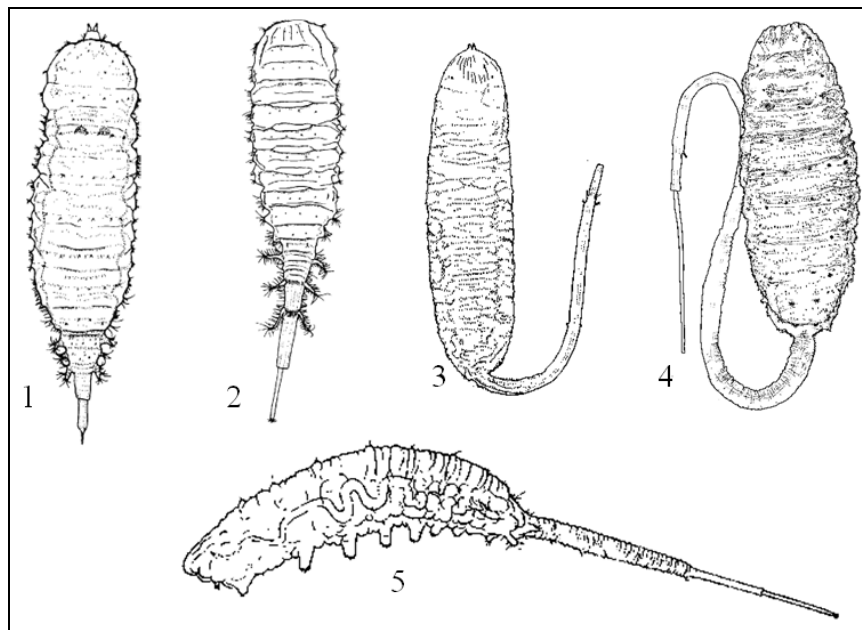


Рисунок 4.4 – Габітуальні ознаки личинок *Syrphidae*:
1 – *Melanogaster* sp.; 2 – *Chrysogaster* sp.; 3 – *Eristalinus* sp.;
4 – *Erislalis* sp.; 5 – *Helophilus*

Перед лялькуванням личинки залишають місця проживання і виходять з води, при цьому іноді покриваючи відстані до декількох сотень метрів від водойми і заляльковуються в прибережному мулі, піску або в землі.

Пупарії частіше бочонкоподібні, темно- або світло-коричневі, іноді блідо-жовті до світло-сірих або майже білі з більш-менш гладкою кутикулою (деякі *Neoascia*, *Eristalis*, *Helophilus*, *Parhelophylus*, *Anasimyia*, *Eristalinus*, *Conosyrphus*), яка може бути покрита досить довгими і густо розташованими папіломами зі всілякими несучими сенсіли виростами (*Melanogaster*, *Chrysogaster*, *Orlhonevra*, *Lejogasiern*) [130-137].

Eristalis pratorum (Meigen, 1822). Південна Палеарктика. Літораль стоячих водойм, пелофільний мезогалоб, сапрофаг.

Eristalis arbustorum (Linnaeus, 1758). Палеарктика. Літораль стоячих водойм, мезогалобний пелофільний бентобіонт, сапрофаг.

Eristalis tenax (Linnaeus, 1758). Голарктика. Літораль стоячих водойм, бентобіонт, олігогалоб, пелофіл, сапрофаг, визиває міаз.

Sphagina sibirica (Stack., 1953). Палеарктика. Літораль стоячих водойм, бентобіонт, мезогалоб, пелофіл, сапрофаг.

Helophilus lunulatus (Meig., 1822). Середземномор'я. Супралітораль, літораль стоячих вод, бенто-епіфіт, олігогалоб, пелофіл, сапрофаг.

Родина *Sepsidae* – Мурашинці.

Поширені всесвітньо, але найбільше видове різноманіття у Афротропічній області. Ряд видів інтродуковані космополіти.

Імаго (2-6 мм) характерного вигляду, схожі з мурахами. Тіло темного забарвлення, іноді з металевим блиском, звужене в основі черевця. Мухи часто численні на екскрементах та гниючих субстратах, іноді трапляються на квітах. Деякі види пов'язані з мурахами.

Личинки розвиваються в різних субстратах, що розкладаються: трупах, гної, водоростях по берегах морів, в гниючих грибах. Багато видів зустрічаються близьк скотних дворів і в інших синантропних умовах [138, 139].

Themira putris (Linnaeus, 1758). Палеарктика. Супраліторальний бенто-епіфіт стояче-текучих (рухомих) вод. Мезогалобний пело-псамофіл, альгосапрофаг.

Родина *Dolichopodidae* – Мухи-зеленушки.

Імаго гідрофільних *Dolichopodidae* зустрічаються по берегах найрізноманітніших водойм (від ефемерних калюж до річок і морів). Деякі мухи з роду *Dolichopus* часто відпочивають і харчуються, сидячи на поверхневій плівці води біля берега. Самки нерідко возять на собі більш дрібних самців. Мухи-зеленушки і їх личинки у більшості своїй є хижаками.

Личинки звичайно білуваті, циліндрові, злегка звужені до переднього кінця (рис. 4.5). Задня частина кінцевого сегменту пересічена вертикальною і горизонтальною борозенками. Кожен черевний сегмент (1-8-й) з парою повзальних валиків на передньому краї. Лялечки укладені у вільні, іноді шовковичні, кокони з прилиплими або включеними до них частинками оточуючого субстрату.

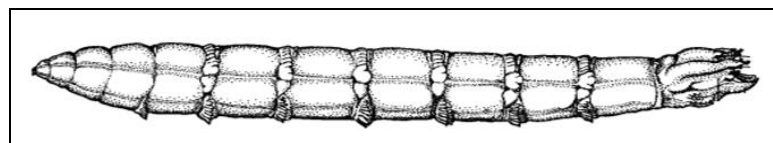


Рисунок 4.5 – Габітуальні ознаки личинок родини *Dolichopodidae*

Hydrophorus sp. Супраліторальний бенто-епіфіт стояче-текучих (рухомих) вод. Мезогалобний пело-псамофіл, хижак.

Machaerium sp. Супраліторальний бенто-епіфіт стояче-текучих (рухомих) вод. Мезогалобний пело-псамофіл, хижак.

Родина *Ephydridae* – Мухи-береговушки.

Мухи-береговушки (або ефідріди) – типові мешканці прибережної зони водойм самих різних типів. Вони зустрічаються але берегах річок, струмків, ставків і озер, у скидах різних підприємств, водоймах, забруднених нафтопродуктами, добривами, сірчаних і гарячих джерелах.

Личинки (рис. 4.6) зустрічаються в основному на мілководді, дихають при допомозі дихальної трубки, виставляючи її над поверхнею води.

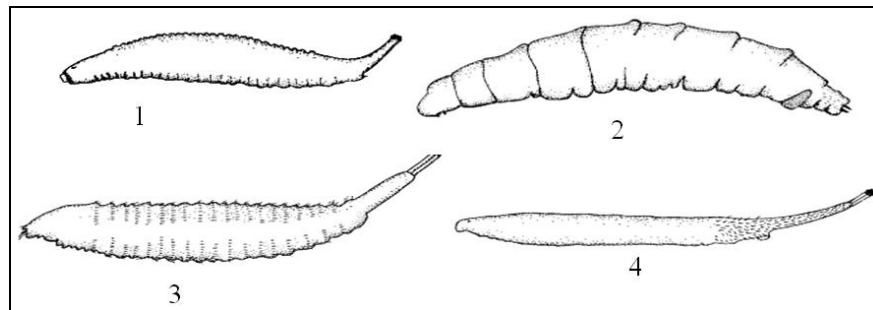


Рисунок 4.6 – Габітуальні ознаки личинок *Ephydridae*:

1 – *Brachydeutera*; 2 – *Notiphila*; 3-4 – *Parydra*

Як правило, вони повзають по поверхні субстрату, або, якщо довжини дихальної трубки недостатньо, періодично піднімаються на поверхню для дихання. Виявляються в ґрунті, усередині скупчення водоростей, серед коріння водних рослин або на поверхні води. Восьмий черевний сегмент витягнутий в тонку різної довжини дихальну трубку, роздвоєну на кінці. Пересування по субстрату здійснюється за допомогою несправжніх ніжок – виростів тіла, на вершині озброєних гаками і шипами, або копальних валиків, що мають також особливе озброєння.

Brachydeutera sp. (вид не визначено). За визначенням ОДЕКУ гіперсапробна літораль, пелофільний бентобіонт.

Dichaeta caudata (Fallen, 1813). Палеарктика. Літораль, олігогалобний бенто-епіфіт, пелофіл, полівольтинний гіперсапроб.

Notiphila nigricornis (Stenham., 1844). Європа. Супралітораль і літораль стоячих і слаботекучих вод, пелофільний бенто-едафобіонт, індиферент за галобністю.

Ephydra riparia (Fallen, 1813). Палеарктика. Супралітораль і літораль стоячих і слаботекучих вод, псамофільний бенто – едафобіонт, мезогалоб, морський альгофаг.

Ephydra scholtzi (Becker, 1896). Палеарктика. Літораль і супралітораль солоних континентальних водойм, псамофільний бенто-епіфіт, альгосапроб.

Ephydra afghanica (Dahl, 1961). Європа. Літораль і супралітораль солоних континентальних водойм, псамофільний бенто-епіфіт, евригалоб, евриедафобіонт, альгосапроб.

Paracoenia fumosa (Stenh., 1844). Палеарктика. Літораль стоячих водойм, бенто-епіфіт, пелофільний оліго-мезогалоб, сапрофаг.

Dichaeta caudata (Fallen, 1813). Палеарктика. Супралітораль, бенто-епіфіт, індиферентний пелофіл, сапрофаг.

Parydra pusilla (Meigen, 1830). Космополіт. Літораль і супралітораль, бентоедафобіонт, олігогалоб, сапрофаг.

Scatella stagnalis (Fallen, 1813). Космополіт. Літораль і супралітораль, бенто-едафобіонт, мезогалоб, сапрофаг.

Scatella paludum (Meigen, 1830). Європа. Літораль, оліго-мезогалобний евриедафобіонт, сапрофаг.

Scatella obsoleta (Loew, 1861). Голарктика. Літораль, олігогалобний евриедафобіонт, сапрофаг.

Halmopota salinaria (Bouche, 1834). Голарктика. Літораль і супралітораль солоних континентальних водойм, оліго-мезогалобний евриедафобіонт, сапрофаг.

Родина Muscidae.

У світовій фауні описано близько 4000 видів. Спосіб життя личинок вкрай різноманітний. Більшість з них сапрофаги, що мешкають в гниючих субстратах рослинного і тваринного походження, факультативні або облігатні хижакі. Всі водні личинки відносяться до підродини *Coenosiinae*, за винятком одиничних видів з підродини *Phaoninae*.

Підродина *Coenosnnae* поширена всесвітньо, але найбільше звичайні в полярних і помірних зонах і в горах.

Личинки *Coenosiinae* хижакі, водні та напівводні, деякі галофільні, живуть у воді, мулі, піску, в рослинних залишках, що знаходяться у воді, в скупченнях макрофітів. З яєць виходять личинки III віку, або рідше II віку (рід *Lispe*). Дорослі личинки завдовжки до 20 мм, з вузьким переднім і ширшим заднім кінцем.

Кутикула біла, жовтувата або рожева з численними складками і перев'язами з невеликих кутикулярних шипиків. Часто кутикула з поздовжньої смугастістю [140-142].

Lispe cotidiana (Snyder, 1954). Голарктика. Літораль, псамо-пелофільний оліго-мезогалобний бентобіонт, сапрофаг.

Родина *Chironomidae* – Хірономіди.

Хірономіди (комарі-дзвінці, комарі-товкунці) мають всесвітнє поширення. В даний час для світової фауни хірономід відомо не менш ніж 5000 видів з 11 підродин, з яких *Tanypodinae*, *Podonominae*, *Buchonomyiinae*, *Diamesinae*, *Prodiamesinae*, *Orthoclaadiinae*, *Chironomiinae* та *Telmalogeloniinae* поширені в Голарктиці. Для Палеарктики зареєстровано 1290 валідних видів з 178 родів. Личинки хірономід мають добре розвинену головний капсулу і сегментоване тіло, що складається з трьох грудних і 9-10 черевних сегментів (рис 4.7).

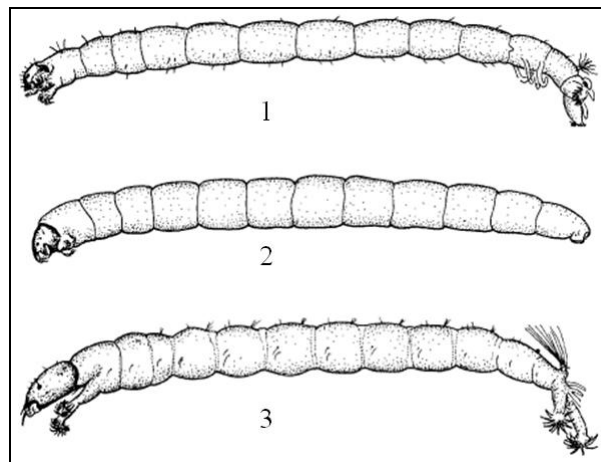


Рисунок 4.7 – Габітуальні ознаки родини *Chironomidae*:
1 – *Chironominae*; 2 – *Orthoclaadiinae*; 3 – *Tanypodinae*

На першому грудному сегменті вентрально розташовані передні підтовкувачі або псевдоніжки, вкриті хітинізованими гачками.

Передостанній черевний сегмент дорсально має 1 пару підставок, апікально несучих по пучку щетинок преанальної щітки. Крім цього на підставках зазвичай сидять по 2 пари латеральних щетинок.

Період розвитку личинки від декількох тижнів до двох років. Лялечки і комарі існують зазвичай кілька днів, не харчуються. Самки відмирають відразу після відкладання яєць. Личинки хірономід мешкають практично у всіх типах прісноводних водойм і водотоків, на літоралі морів, в естуаріях, дуплах дерев, гною і на сирих субстратах. Личинки деяких видів можуть бути коменсалами або паразитами інших гідробіонтів [143-146].

Chironomus halophilus (Kieff., 1913). Південна Європа. Літораль і супралітораль солоних водойм, в тому числі морів. Псамофільний мезогалоб, сапрофаг.

Chironomus salinarius (Kieffer, 1915). Європа. Літораль і супралітораль солоних водойм, в т. ч. гіпергалінних, псамо-пелофіл, сапрофаг.

Halocladius sp. Літораль і супралітораль осолонених водойм, за родовими ознаками мезогалоб, сапрофаг.

Halocladius sp. Літораль і супралітораль осолонених чистих ділянок.

Cricotopus sylvestris (Fabricius, 1794). Європа. Літораль і супралітораль осолонених водойм, мезогалоб, псамо-пелофіл, альгосапрофаг.

Procladius choreus (Meigen, 1804). Південна Палеарктика. Літораль і супралітораль континентальних водойм, пелофільний галофіл, дві генерації на рік.

Tanypus punctipennis (Meigen, 1818). Європа. Літораль лімничних водойм, індіферентний пелофільний бентобіонт, сапрофаг.

Ablabesmyia monilis (Linne, 1758). Європа. Літораль і супралітораль лімничних водойм, індіферентний пелофільний бенто-епіфіт, сапрофаг.

Paratanytarsus inopertus (Walker, 1856). Європа. Мілководдя стоячих і текучих вод, аргілофіл, бенто-епібіонт, сапроальгофаг.

Chironomus plumosus (Linne, 1758). Голарктика. Літораль, мезогалобний евриедафобіонт, сапрофаг.

Chironomus annularius (Meigen, 1818). Палеарктика. Літораль лімничних вод, індіферентний пелофільний бентобіонт, сапрофаг.

Chironomus albidus (Konstantinov, 1956). Південна Європа. Лімнично-лотична сублітораль, евригалобний пелофіл, сапрофаг.

Chironomus dorsalis (Meigen, 1830). Голарктика. Літораль, індіферентний пелофільний бентобіонт, сапрофаг.

Cupteeladopelma viridula (F., 1805). Палеарктика, Літораль, олігогалобний пелофільний сапрофаг.

Parachironomus arcuatus (Goet., 1921). Палеарктика. Літораль і супралітораль лімничних вод, індіферентний бенто-епіфіт, пелофільний сапрофаг.

Родина *Limoniidae* – Комарі-болотниці.

Світова фауна налічує близько 11000 видів, у Палеарктиці близько 1700. Личинки лімоніід мають цілу низку характерних особливостей. Тіло здебільшого циліндричне або сплюснене (рис. 4.8), складається з голови та 11 сегментів. Довжина коливається від 6 до 25 мм. Покрови більшості видів напівпрозорі і забарвлені у світлі тони. Більше темне забарвлення зазвичай обумовлена щільним волосяним покривом і характерне для більшості водяних видів з родів *Melius*, *Dicranofa*. Волоски іноді формують малюнок на спинній стороні личинки [147, 148].

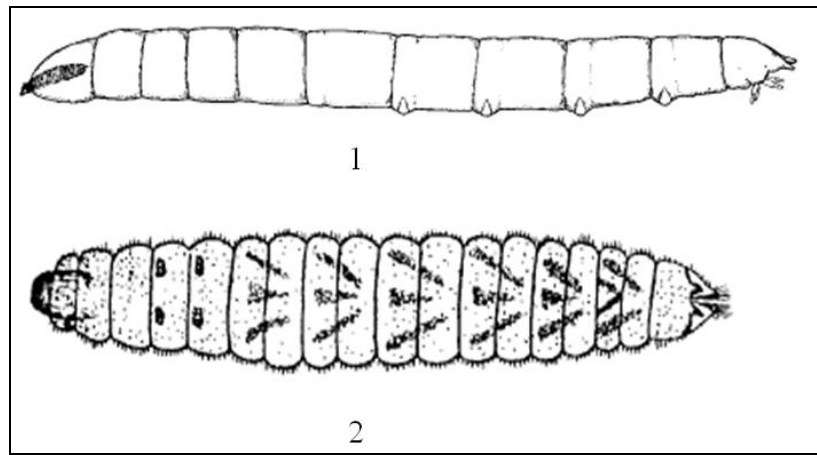


Рисунок 4.8 – Габітуальні ознаки *Limoniidae*:
1 – *Tricyphona* sp.; 2 – *Dactylolabis* sp.

Bezzia (s. str.) *nobilis* (Winnertz, 1852). Палеарктика. Літораль і супралітораль, індиферентний псамо-пелофіл, детритофаг.

Glyptotendipes glaucus (Meigen, 1818). Палеарктика. Мінер очерету.

Родина *Ceratopogonidae* – Мокреці.

Мокреці – багата видами родина, широко поширених у всіх ландшафтних зонах, на всіх континентах. Личинки червоподібні (рис. 4.8) з добре розвиненою і забарвленою в відтінки жовтого або коричневого, іноді майже чорною кольору головною капсулою і чітко сегментованим тілом, що складається з 3 грудних і 9 черевних сегментів.

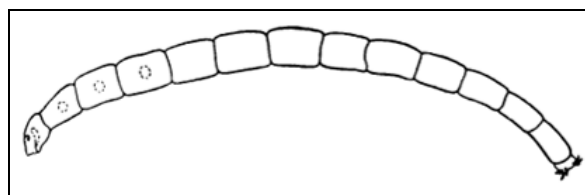


Рисунок 4.9 – Габітуальні ознаки *Ceratopogonidae*: *Dasyhelea* sp.

Довжина тіла останньої стадії перед линянням в лялечку 3,5-17 мм. За типом харчування личинки мокреців хижі, всеїдні і травоїдні. Для личинок мокреців характерні два типи руху: плавання і повзання. Змієподібно плаваючі личинки на відміну від усіх інших *Diptera* зустрічаються тільки в родині мокреців [149-152].

Sphaeromias candidatus (Loew, 1856). Південна Палеарктика. Літораль і супралітораль, пелофільний евригалобний бенто-епіфіт, сапрофаг.

Palpomyia tibialis (Meigen, 1818). Палеарктика. Літораль, евриедафобіонт, мезогалоб, бентобіонт, сапрофаг.

Bezzia (Homobezzia) xantoccephala Goetghebuer. Південна Палеарктика. Літораль, епіфіт, олігогалоб, альгофаг.

Bezzia (s. str.) nobilis (Winnertz, 1852). Палеарктика. Літораль і супралітораль, індиферентний псамо-пелофіл, детритофаг.

Glyptotendipes glaucus (Meigen, 1818). Палеарктика. Мінер очерету.

4.3 Характеристика таксоцену *Diptera* досліджених водойм

Характеризуючи таксоцен *Diptera* в якості індикатора гідроекологічного стану водойм гирлової ділянки р. Свинна, Палійовської затоки і прилеглої верхньої частини Хаджибейського лиману оцінюємо наступне:

- тип ареалів як показник широти екологічної ніші;
- відношення до солоності (мінералізації) як показник гідрохімічного режиму;
- структура життєвих форм як показник водності;
- приуроченість до типу донних відкладень як показник ступеню трансформації водойм.

4.3.1 Структура таксоцену *Diptera* за типами ареалів

За типом ареалу серед видового складу таксоцену виявляються космополітичний, голарктичний, палеарктичний, південнопалеарктичний, європейський, південноєвропейський, середземноморський.

Найбільшу питому вагу мають види з широким ареалом – космополіти, голаркти, палеаркти, південнопалеарктичі. Загалом вони становлять 57,7 %, але представлені нерівно: космополіти – 3,4 % (*Parydra pusilla*, *Scatella stagnalis*), голаркти (*Eristalis tenax*, *Scatella obsoleta*, *Halmopota salinaria*, *Chironomus plumosus* й ін.) – 11,9 %, палеаркти (*Odontomyia argentata*, *Nemotelus pantherinus*, *Ephydra riparia*, *Dichaeta caudata*, *Parachironomus arcuatus* й ін.) – 28,8 %, південнопалеарктичі (*Stratiomys longicornis*, *Eristalis pratorum*, *Procladius choreus* й ін.) – 13,6 %.

Основу в цій групі складають палеарктичні та південнопалеарктичні види. Решта видів – 42,3 %, розподілені наступним чином: європейський тип (*Stratiomys potamida*, *Notiphila nigricornis*, *Cricotopus sylvestris*, *Ablabesmyia monilis* й ін.) – 13,6 %, південноєвропейський (*Chrysops flavipes*, *Hybomitra*

acuminata, *Chironomus albidus*, *Oxycera nigricornis* й ін.) – 11,9 %, середземноморський (*Helophilus lunulatus*, *Chironomus salinarius*, *Ephydra afghanica* й ін.) – 8,5 %.

Ареали видів, що визначені тільки до роду (*Hemerodromia sp.*, *Dolichocephala sp.*, *Hydrophorus sp.*, *Machaerium sp.*, *Halocladus sp.*) невідомі, але їх питома вага на рівні середземноморських – 8,5 %.

Цікавим видається визначення зоогеографічної структури окремих таксонів. З рис. 4.10 видно, що за питомою вагою родину *Syrphidae* складають головним чином види, що мають широкі ареали – палеарктичний (*Eristalis arbustorum*, *Sphegina sibirica*), південнопалеарктичний (*Eristalis pratorum*, *Helophilus lunulatus*), голарктичний (*Eristalis tenax*) і лише один вид – *Helophilus lunulatus*, має відносно малий середземноморський ареал.

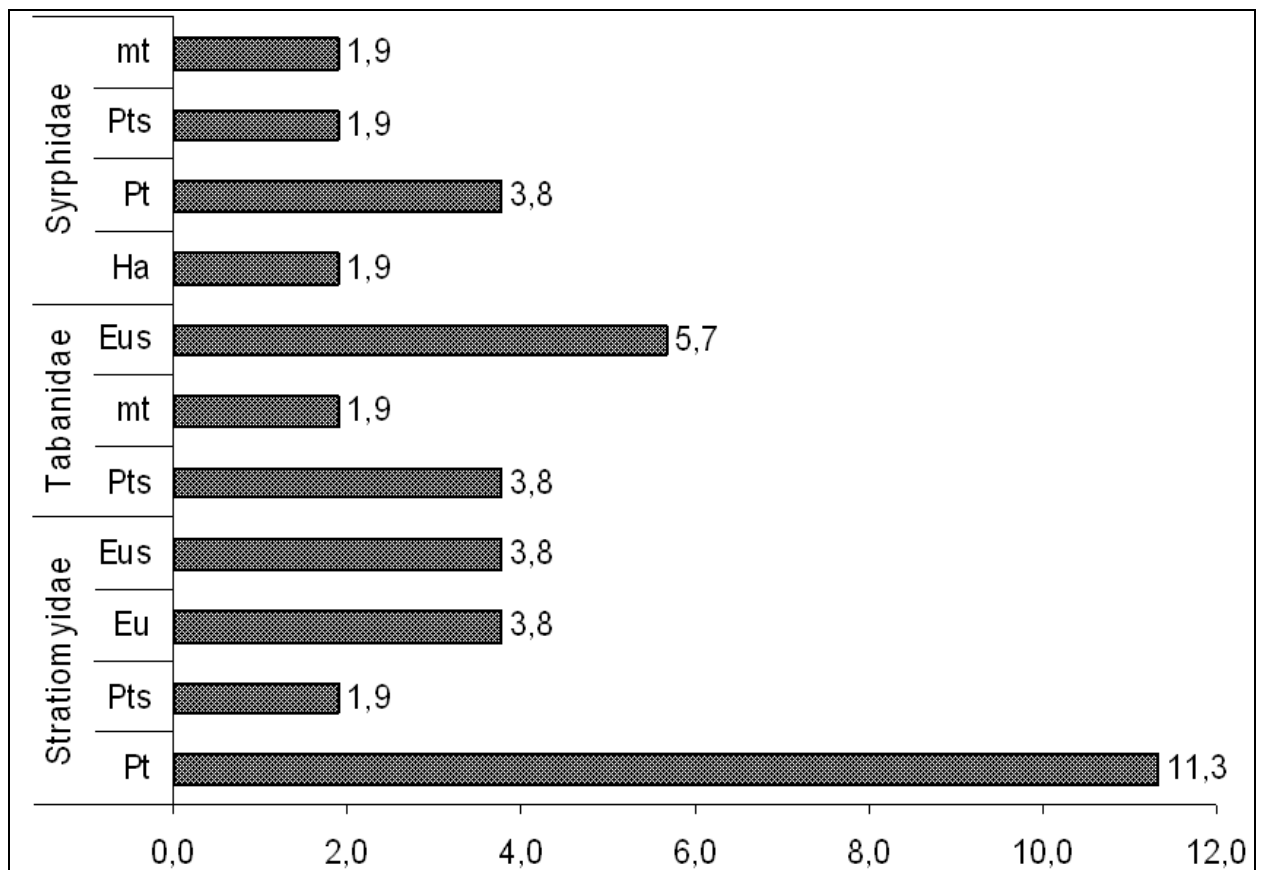


Рисунок 4.10 – Зоогеографічна структура родин *Stratiomyidae*, *Tabanidae* та *Syrphidae* водойм гирлової ділянки р. Свинна, Палійовської затоки та прилеглої верхньої частини Хаджибейського лиману:
 Kt – космополітичні; Ha – голарктичні; Pt – палеарктичні;
 Pts – південнопалеарктичні; Eu – європейські;
 Eus – південноєвропейські, mt – середземноморські

В родині *Tabanidae*, навпаки, значна вага видів з європейським ареалом (*Chrysops flavipes*, *Tabanus unifasciatus*, *Hybomitra acuminata*), проти видів з південнопалеарктичним ареалом (*Hybomitra erberi*, *H. (H.) peculiaris*).

В родині *Stratiomyidae* звертає на себе увагу перевага палеарктичних видів (*Stratiomys singularior*, *Odontomyia angulata*, *Odontomyia argentata*, *Nemotelus pantherinus*, *Odontomyia tigrina*).

Широкий ареал (південнопалеарктичний) мають *Stratiomys longicornis* та *Oxycera trilineata*. В цій родині види з європейським (*Stratiomys potamida*, *Nemotelus uliginosus*) і південноєвропейським типом ареалу (*Oxycera nigricornis*, *Stratiomys chamaeleon*) представляють відчутну меншість.

В родині *Ephydriidae*, як видно з рис. 4.11, серед п'яти типів ареалів переважає палеарктичний (*Ephydra riparia*, *Paracoenia fumosa*, *Dichaeta caudata*, *Ephydra scholtzi*), але тут мають місце види з найширшими ареалами – космополітичним (*Parydra pusilla*, *Scatella stagnalis*) і голарктичним (*Scatella obsoleta*, *Halmopota salinaria*).

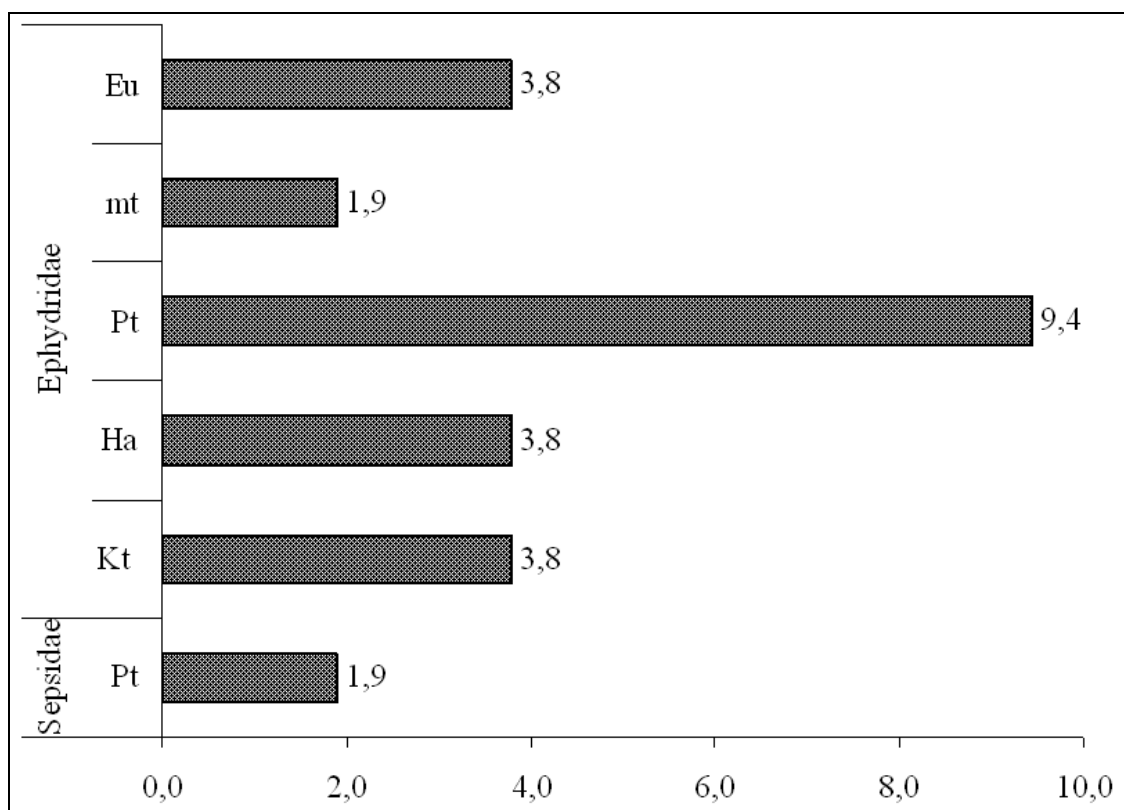


Рисунок 4.11 – Зоогеографічна структура родин *Ephydriidae* та *Sepsidae* таксоцену водойм гирлової ділянки р. Свинна, Палійовської затоки та прилеглої верхньої частини Хаджибейського лиману:
 Kt – космополітичні; Ha – голарктичні; Pt – палеарктичні;
 Pts – південнопалеарктичні; Eu – європейські;
 Eus – південноєвропейські, mt – середземноморські

Середземноморський елемент в цій родині представлений лише одним видом – *Ephydra afghanica*, і двома європейськими – *Notiphila nigricornis* та *Scatella paludum*.

Родина *Sepsidae* в таксоцені досліджуваних водойм представлена лише одним видом – *Themira putris*, з палеарктичним ареалом.

Особливу цікавість представляє зоогеографічна структура такої важливої групи як *Chironomidae*. З рис. 4.12 видно наявність в родині видів з п'ятьма типами ареалів.

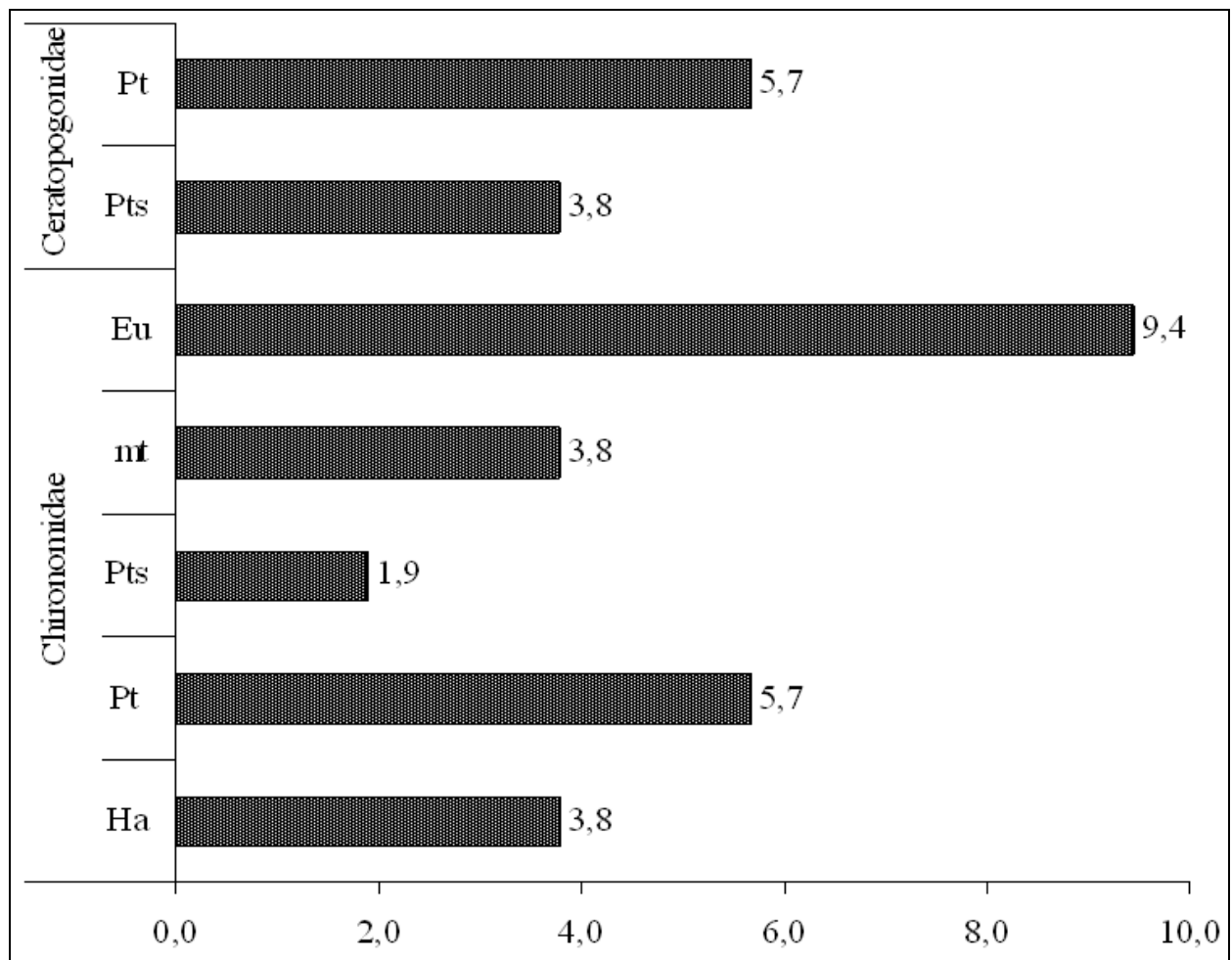


Рисунок 4.12 – Зоогеографічна структура родин *Chironomidae* і *Ceratopogonidae* таксоцену водойм гирлової ділянки р. Свинна, Палійовської затоки та прилеглої верхньої частини Хаджибейського лиману:
 Kt – космополітичні; Ha – голарктичні; Pt – палеарктичні;
 Pts – південопалеарктичні; Eu – європейські;
 Eus – південоевропейські, mt – середземноморські

Найбільше значення має група видів з європейським типом ареалу (*Chironomus halophilus*, *Cricotopus sylvestris*, *Tanypus punctipennis*, *Ablabesmyia monilis*, *Chironomus albidus*), але тут присутня досить велика частка видів з широкими ареалами – голарктичним (*Chironomus dorsalis*, *Chironomus plumosus*), палеарктичним (*Cupteeladopelma viridula*, *Parachironomus arcuatus*, *Chironomus annularius*), південнопалеарктичним (*Procladius choreus*).

Співвідносячи питому вагу видів з обмеженим європейським ареалом і широкими типами можна стверджувати, що і в цієї родині основу складають види з широким розповсюдженням.

Родина *Ceratorogonidae* цілком складена з видів широкого типу ареалів.

Таким чином таксоцен *Diptera* представлено видами з домінуванням широких типів ареалів, що свідчить про широкий діапазон екологічного стандарту даного таксоцену та опосередковано – про деградацію екосистемної структури через недостатнє різноманіття життєвих умов.

4.3.2 Загальна характеристика таксоцену *Diptera* за галобністю

Відношення до галобності розглядаємо на основі індикаційної класифікації Кольбе-Хустедта [153, 154] і класифікації природних вод за О.О. Альокінім [155]:

- олігогалоби-галофоби (типово прісноводі), такі, що уникають будь-яких підвищень солоності (близько 0 ‰);
- олігогалоби (0-5 ‰);
- індиференти (0-20 ‰);
- оліго-мезогалоб (5-20 ‰);
- мезогалоби (20-30 ‰);
- галофіли (30-50 ‰);
- гіпергалобіонти (> 50 ‰).

За даними табл. 4.1 видно, що структуру таксоцену *Diptera* за галобністю складають угруповання олігогалобів-галофобів, олігогалобів, оліго-мезогалобів, мезогалобів, галофілів, гіпергалобіонтів. Тобто присутній весь спектр галобності.

Однак, як видно з рис. 4.13, ці видові угруповання представлені не рівнозначно. Одразу привертає увагу те, що облігатних прісноводних видів вкрай мало. Їх заміщують види олігогалобної (*Eristalis tenax*, *Parydra pusilla*, *Dicranomyia modesta*, *Stratiomys potamida*, *Hybomitra acuminata* й ін.) та індиферентної (*Odontomyia angulata*, *Odontomyia tigrina*, *Oxycera trilineata* *Tabanus unifasciatus* й ін.) груп.

Таблиця 4.1 – Склад таксоцену *Diptera* водойм гирлової ділянки р. Свинна, Палійовської затоки та прилеглої верхньої частини Хаджибейського лиману за відношенням до рухомості вод (РФ), типом життєвої форми (ЖФ), галобністю (G) і типам ґрунтів (Г)

Таксони	РФ	ЖФ	G	Г
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Stratiomys longicornis</i>	st	В-Ер	mh	пс-А
<i>Stratiomys singularior</i>	st	В	hl	пел
<i>Stratiomys chamaeleon</i>	st	В	eh	пел
<i>Stratiomys potamida</i>	st-str	В-Ер	oh	еє
<i>Odontomyia angulata</i>	st	В-Ер	–	еє
<i>Odontomyia argentata</i>	st	Ер	oh-hl	еє
<i>Odontomyia tigrina</i>	st	Ер	i	еє
<i>Oxycera trilineata</i>	st-str	В-е	i	А
<i>Oxycera nigricornis</i>	str	Ер	oh-mh	пел
<i>Nemotelus pantherinus</i>	st	В	oh	пел
<i>Nemotelus uliginosus</i>	st	В-Ер	mh	еє
<i>Chrysops flavipes</i>	st	В	oh	пс
<i>Tabanus unifasciatus</i>	st-str	В-е	i	пс-пт
<i>Hybomitra acuminata</i>	st-str	В	oh	пел
<i>Hybomitra erberi</i>	st	В-Ер-Пр	oh	пс-А
<i>Hybomitra peculiaris</i>	st-str	В-Ер-Пр	i	еє
<i>Hybomitra ukrainica</i>	st	В-Ер	oh	пел-пс
<i>Hemerodromia sp.</i>	st-str	В-Ер	mh	пс-А
<i>Dolichocephala sp.</i>	st-str	В-Ер	mh	пел-пс
<i>Eristalis pratorum</i>	st	В	mh	пел
<i>Eristalis arbustorum</i>	st	В	mh	пел
<i>Eristalis tenax</i>	st	В	oh	пел
<i>Sphegina sibirica</i>	st	В	mh	пел
<i>Helophilus lunulatus</i>	st	В-Ер	oh	пел
<i>Themira putris</i>	st-str	В-Ер	mh	пел-пс
<i>Brachydeutera sp.</i>	st	В	i	–
<i>Dichaeta caudata</i>	st	В-Ер	oh	пел
<i>Notiphila nigricornis</i>	st-str	В	i	пел
<i>Ephydra riparia</i>	st-str	В-Ер	mh	пс
<i>Ephydra scholtzi</i>	st-str	В-Ер	mh	пс
<i>Ephydra afghanica</i>	st-str	В-Ер	eh	еє
<i>Paracoenia fumosa</i>	st	В-Ер	oh-mh	пел
<i>Dichaeta caudata</i>	st	В-Ер	i	пел

Продовження табл. 4.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Parydra pusilla</i>	st-str	В	oh	ее
<i>Scatella stagnalis</i>	st-str	В-Ер	mh	ее
<i>Scatella paludum</i>	st	В	oh-mh	ее
<i>Scatella obsoleta</i>	st	В	oh	ее
<i>Halmopota salinaria</i>	st	В	oh-mh	ее
<i>Hydrophorus sp.</i>	st-str	В-Ер	oh	ее
<i>Machaerium sp.</i>	st-str	В-Ер	oh	ее
<i>Lispe cotidiana</i>	st-str	В	oh-mh	пс-пел
<i>Chironomus halophilus</i>	st-str	В	mh	пс-пел
<i>Chironomus salinarius</i>	st-str	В	eh	пс-пел
<i>Halocladius sp.</i>	st-str	В	mh	пс-пел
<i>Cricotopus sylvestris</i>	st-str	В	mh	пс-пел
<i>Procladius choreus</i>	st	В	hl	пел
<i>Tanytus punctipennis</i>	st	В	i	пел
<i>Ablabesmyia monilis</i>	st-str	В-Ер	i	пел
<i>Paratanytarsus inopertus</i>	st-str	В-Ер	oh	А
<i>Chironomus plumosus</i>	st	В	oh-mh	ее
<i>Chironomus annularius</i>	st	В	i	пел
<i>Chironomus albidus</i>	st-str	В	mh	пел
<i>Chironomus dorsalis</i>	st	В	i	пел
<i>Cupteeladopelma viridula</i>	st	В	i-oh	пел
<i>Parachironomus arcuatus</i>	st	В-Ер	i	пел
<i>Dicranomyia modesta</i>	st-str	В-Ер	oh	пс-А
<i>Sphaeromyia candidatus</i>	st-str	В-Ер	eh	пел
<i>Palpomyia tibialis</i>	st	В	mh	ее
<i>Bezzia xantocephala</i>	st	Ер-Пр	oh	ее
<i>Bezzia nobilis</i>	st-str	В	i	пс-пел
<i>Glyptotendipes glaucus</i>	st-str	минер	–	–

Примітки: А – аргілофіл; еє – евриедафобіонт; пел – пелофіл; пел-пс – пело-псамофіл; пс – псамофіл; пс-А – псамо-аргілофіл; пс-пт – псамо-петрофіл; В – бентобіонт; В-Ер – бенто-епіфіт; Ер – епіфіт; і – індіферент; eh – евригалоб; i-oh – індіферент-олігогалоб; hl – галофіл; mh – мезогалоб; oh – олігогалоб; oh-mh – оліго-мезогалоб; st – стоячі води; st-str – рухомі води.

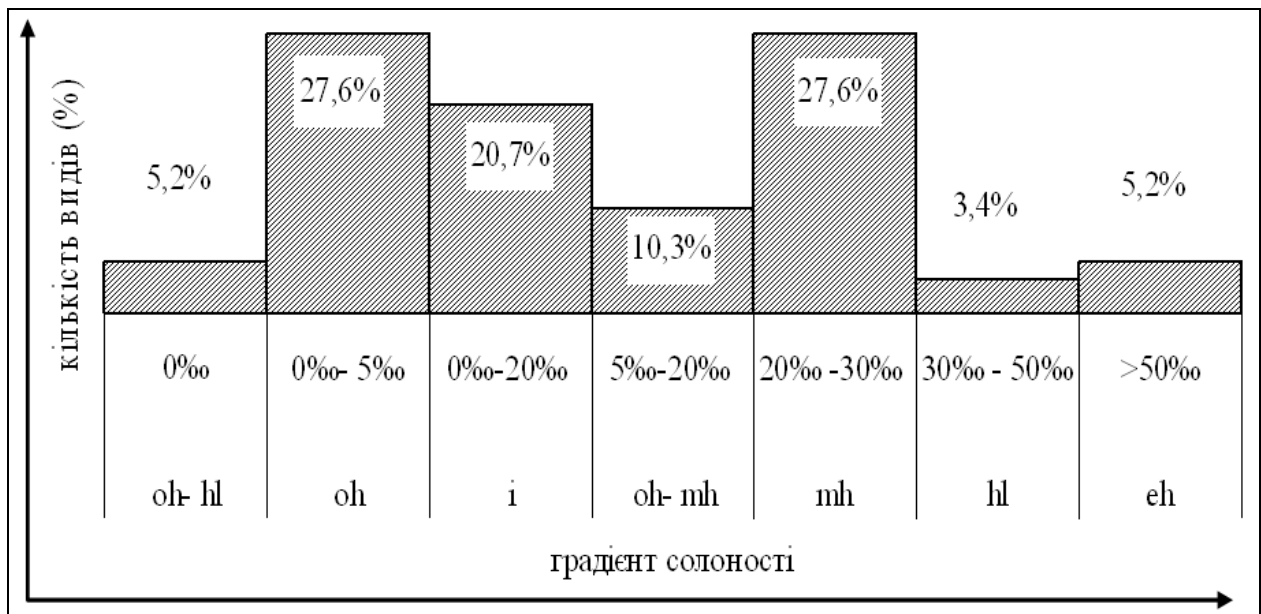


Рисунок 4.13 – Структура таксоценозу *Diptera* водойм гирлової ділянки р. Свинна, Палійовської затоки та прилеглої верхньої частини Хаджибейського лиману:
i – індиферент; eh – евригалоб; hl – галофіл; mh – мезогалоб;
oh – олігогалоб; oh-mh – оліго-мезогалоб

За екологічним стандартом види олігогалобної групи мешкають в прісних водах, але переносять тимчасове осолонення. Індиференти вже можуть розвиватись як у прісних водах, так і у водах з відчутною солоністю.

Решта видів – оліго-мезогалоби (*Halmopota salinaria*, *Paracoenia fumosa*, *Scatella paludum* й ін.), мезогалоби (*Eristalis pratorum*, *Sphegina sibirica*, *Scatella stagnalis*, *Chironomus halophilus*, *Chironomus albidus* й ін.), галофіли (*Stratiomys singularior*, *Procladius choreus*), гіпергалобіонти (*Ephydra afghanica*, *Chironomus salinarius*, *Sphaeromias candidatus*), вже відносяться до галобіонтів.

Загалом таксоцен за галобністю представлений трьома категоріями – галофобами (5,2 %), галотолерантними (48,3 %) і галобіонтами, приуроченими виключно до солоних вод (36,2 %).

Виходячи з цього співвідношення за класифікацією О.О. Альокіна формується висновок про наявність зон солоності трьох типів:

- розсоли (з солоністю > 50 ‰);
- морські (з солоністю 25-30 ‰);
- солонуваті (з солоністю 1-25 ‰);
- прісні (з солоністю до 1 ‰).

4.3.3 Загальна характеристика таксоцену *Diptera* за структурою життєвих форм, приуроченістю до типу ґрунтів і типу гідротонів

За приуроченістю до типу рухомості вод таксоцен ділиться на види літорального комплексу (55,2 %) та субліторального (44,8 %) і лише один вид за своїм стандартом є реофілом – *Oxycera nigricornis*.

З точки зору біодіагностики динаміка співвідношення цих угруповань може свідчити про динаміку водності водойм. Наприклад, при тенденції до висихання збільшується частка супраліторального елемента, а при тенденції до підвищення водності спостерігається зменшення числа супраліторальних видів. При різкій зміні водності у бік її підвищення – супраліторальний комплекс зникає. За приуроченістю до типу ґрунтів у складі таксоцену визначились наступні угруповання: псамофіли (*Ephydra riparia*, *Ephydra scholtzi*, *Chrysops flavipes*), аргілофіли (*Paratanytarsus inopertus*), псамо-аргілофіли (*Stratiomys longicornis*, *Hybomitra erberi* й ін.), пелофіли (*Stratiomys chamaeleon*, *Sphagina sibirica*, *Tanypus punctipennis* й ін.), пело-псамофіли (*Hybomitra ukrainica*, *Lispe cotidiana*, *Cricotopus sylvestris* й ін.), псамо-петробіонти (*Tabanus unifasciatus*), евриедафобіонти (*Halmopota salinaria*, *Stratiomys potamida*, *Ephydra afghanica*).

З рис. 4.14 видно, що за питомою вагою переважають комплекси, пов'язані з мулами (пелофільний і пело-псамофільний).

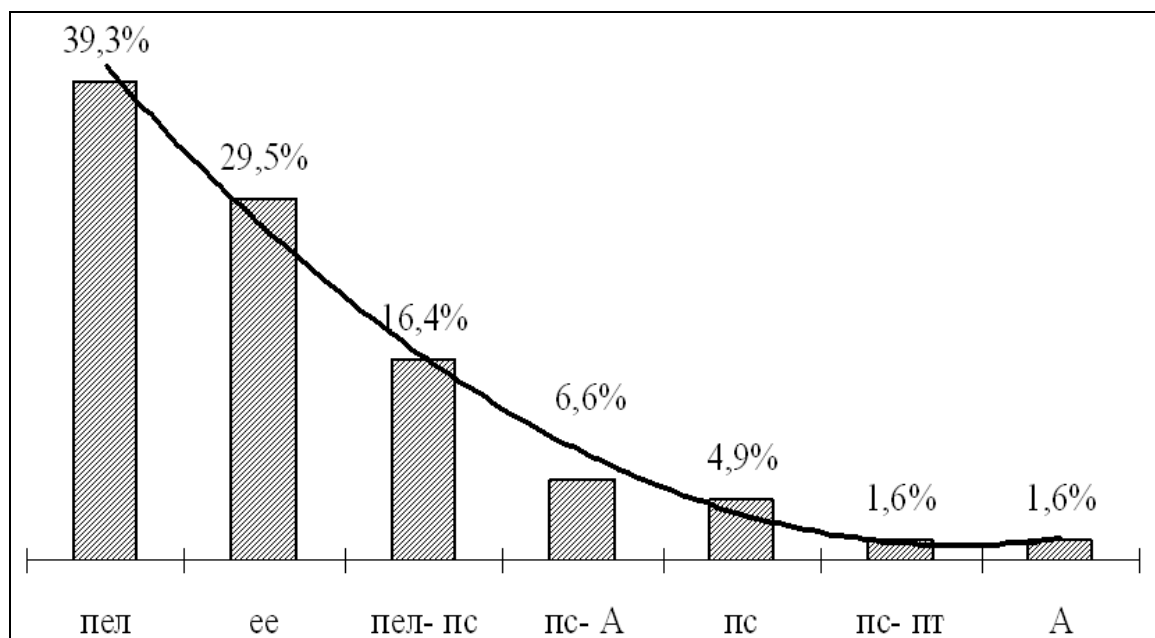


Рисунок 4.14 – Співвідношення (%) видових угруповань за приуроченістю до типу ґрунтів у таксоцені *Diptera* досліджених водойм:

пел – пелофіли; ее – евриедафобіонти; пел-пс – пело-псамофіли;
 пс-А – псамо-аргілофіли; пс – псамофіли;
 пс-пт – псамо-петробіонти; А – аргілофіли

За інтегральними показниками типу життєвих форм, галобності, приуроченості до типу ґрунтів літорального (рис. 4.15) і супраліторального (рис. 4.16) комплексів визначено структуру таксоцену станом на 2011 р.

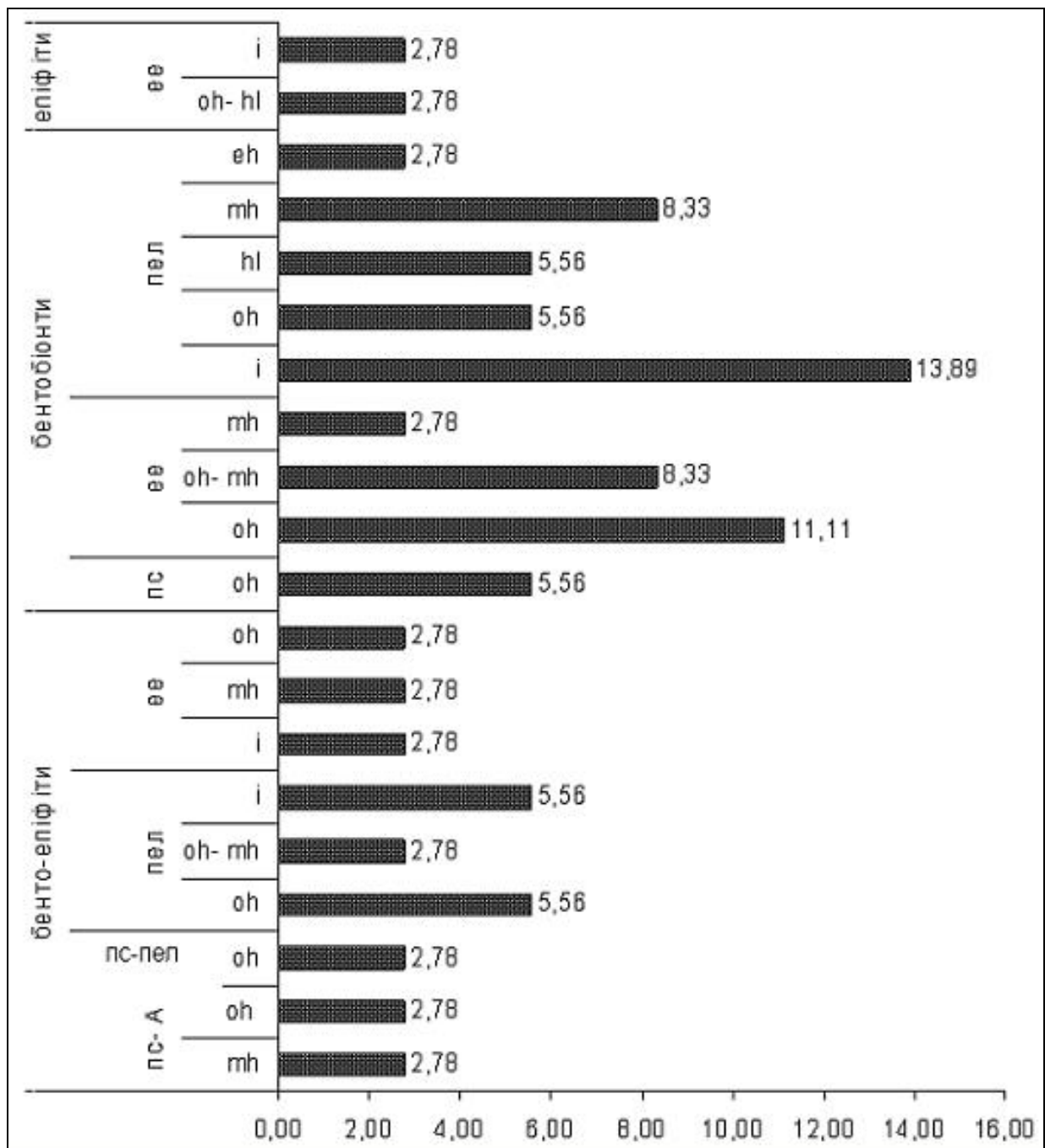


Рисунок 4.15 – Структура таксоцену *Diptera* літорального комплексу досліджених водойм за співвідношенням (%) життєвих форм, приуроченістю до ґрунтів, галобністю:

ее – евриадафобіонт; пел – пелофіл; пел-пс – пело-псамофіл; пс – псамофіл; пс-А – псамо-аргілофіл; пс-пт – псамо-петрофіл; і – індіферент; eh – евригалоб; mh – мезогалоб; oh – олігогалоб; oh-mh – оліго-мезогалоб

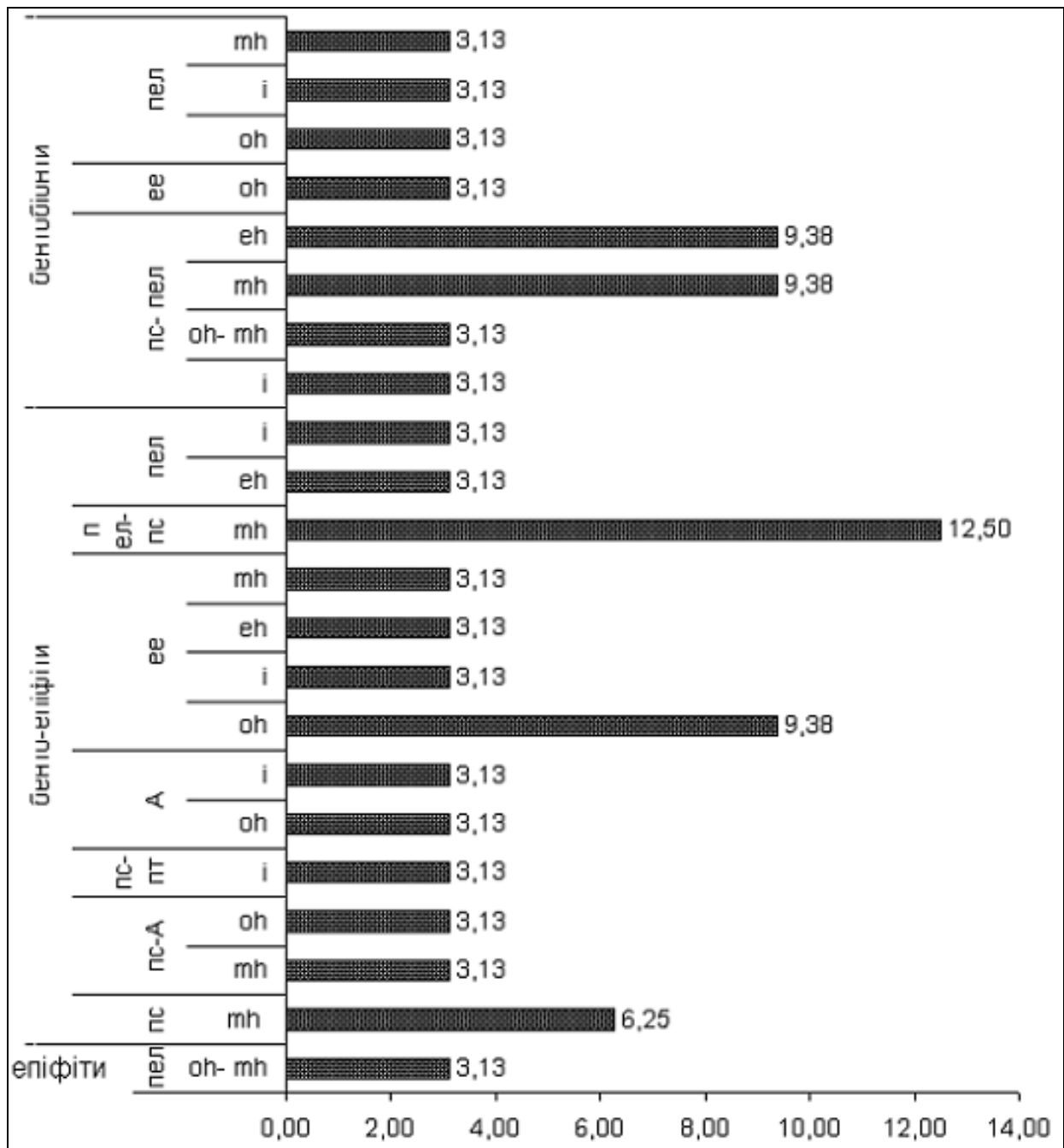


Рисунок 4.16 – Структура таксоценозу *Diptera* супраліторального комплексу досліджених водойм за співвідношенням (%) життєвих форм, приуроченістю до ґрунтів, галобністю:

А – аргілофіл; еє – евриедафобіонт; пел – пелофіл; пел-пел – пело-псамофіл; пел-пел – псамофіл; пел-пел-пел – псамо-аргілофіл; пел-пел-пел-пел – псамо-петрофіл; і – індиферент; ег – евригалоб; мг – мезогалоб; ог – олігогалоб; ог-мг – оліго-мезогалоб

Для літорального комплексу характерною ознакою є перевага пелофільного і евриедафічного компоненту з підвищеною вагою індиферентів і мезогалобів на мулистих ґрунтах і підвищеною питомою вагою оліго-мезогалобів і олігогалобів серед евриедафобіонтів.

Для супраліторального комплексу характерним є більше різноманіття бенто-епіфітів з перевагою мезогалобних пело-псамофілів і евридафічних олігогалобів.

Показана структура таксоцену двокрилих лягає в основу контролю динаміки спільноти як відправна точка до подальшого моніторингу.

4.4 Оцінка стану водойм за розподілом та особливостями складу таксоцену *Diptera*

Вихідними даними до інтегрального визначення особливостей водних об'єктів за індикаторним таксоценом двокрилих є їх екологічний стандарт і популяційні параметри (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Розподіл видів таксоцену *Diptera* в досліджуваних водоймах за видовим складом, типом біотопів (ТБ), життєвою формою (ЖФ), галобністю, (G), приуроченістю до типу ґрунтів (Г), щільністю популяції (V) та частотою виявлення (P)

Таксони	Екологічні характеристики				Популяційні параметри	
	ТБ	ЖФ	G	Г	V	P
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Хаджибейський лиман						
<i>Stratiomys potamida</i>	сл	В-Ер	oh	еє	3,89	80,00
<i>Odontomyia argentata</i>	сл	Ер	oh-hl	еє	0,13	20,00
<i>Odontomyia tigrina</i>	л	Ер	i	еє	0,44	20,00
<i>Oxycera trilineata</i>	сл	В-е	i	А	0,10	20,00
<i>Chrysops flavipes</i>	л	В	oh	пс	0,26	73,33
<i>Tabanus unifasciatus</i>	л	В-е	i	пс-пт	1,09	46,67
<i>Hybomitra erberi</i>	л	В-Ер	oh	пел	0,19	80,00
<i>Hybomitra peculiaris</i>	л	В-Ер	i	еє	0,78	100,00
<i>Eristalis tenax</i>	сл	В	oh	пел	0,17	60,00
<i>Helophilus lunulatus</i>	сл	В-Ер	oh	пел	0,89	80,00
<i>Notiphila nigricornis</i>	сл	В	i	пел	0,60	20,00
<i>Dichaeta caudata</i>	сл	В-Ер	i	пел	0,88	20,00
<i>Parydra pusilla</i>	л	В	oh	еє	3,44	46,67
<i>Scatella paludum</i>	л	В	oh-mh	еє	0,63	13,33

Продовження табл. 4.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Scatella obsoleta</i>	сл	В	oh	ее	4,56	66,67
<i>Halmopota salinaria</i>	сл	В	oh-mh	ее	1,34	60,00
<i>Hydrophorus sp.</i>	сл	В-Ер	oh	ее	0,74	80,00
<i>Machaerium sp.</i>	сл	В-Ер	oh	ее	0,78	100
<i>Lispe cotidiana</i>	сл	В	oh-mh	пс-пел	4,09	33,33
<i>Chironomus plumosus</i>	л	В	oh-mh	ее	59,11	100
<i>Dicranomyia modesta</i>	сл	В-Ер	oh	пс-А	3,33	86,67
<i>Bezzia xantocephala</i>	л	В-Ер	oh	ее	0,64	46,67
Палійовська затока						
<i>Stratiomys potamida</i>	сл	В-Ер	oh	ее	0,62	33,33
<i>Odontomyia angulata</i>	л	В-Ер	i	ее	0,36	53,33
<i>Odontomyia argentata</i>	сл	Ер	oh-hl	ее	0,84	46,67
<i>Oxycera nigricornis</i>	сл	Ер	oh-mh	пел	0,43	73,33
<i>Nemotelus pantherinus</i>	л	В	oh	пел	2,38	93,33
<i>Hybomitra acuminata</i>	л	В	oh	пел	0,13	20,00
<i>Eristalis tenax</i>	сл	В	oh	пел	0,24	33,33
<i>Helophilus lunulatus</i>	сл	В-Ер	oh	пел	0,62	33,33
<i>Brachydeutera sp.</i>	сл	В	i	пел	5,28	66,67
<i>Dichaeta caudata</i>	л	В-Ер	oh	пел	1,00	26,67
<i>Notiphila nigricornis</i>	сл	В	i	пел	5,57	86,67
<i>Chironomus annularius</i>	л	В	i	пел	13,34	33,33
<i>Chironomus dorsalis</i>	л	В	i	пел	6,32	60,00
<i>Cupteeladopelma viridula</i>	л	В	i-oh	пел	8,03	73,33
<i>Parachironomus arcuatus</i>	сл	В-Ер	i	пел	1,22	13,33
<i>Bezzia nobilis</i>	л	В	i	пс-пел	3,82	33,33
<i>Bezzia xantocephala</i>	л	Ер-Пр	oh	ее	0,17	13,33
ШВ № 1						
<i>Hemerodromia sp.</i>	л	В-Ер	mh	ее	6,29	60,00
<i>Dolichocephala sp.</i>	л	В-Ер	mh	пс-А	1,33	20,00
<i>Stratiomys potamida</i>	сл	В-Ер	mh	пел-пс	3,56	20,00
<i>Odontomyia angulata</i>	сл	В-Ер	oh	ее	10,00	20,00
<i>Odontomyia argentata</i>	л	В-Ер	i	ее	1,61	46,67
<i>Odontomyia tigrina</i>	сл	Ер	oh-hl	ее	3,70	80,00
<i>Oxycera trilineata</i>	л	Ер	i	ее	2,33	60,00
<i>Oxycera nigricornis</i>	сл	В-е	i	А	5,11	40,00
<i>Oxycera nigricornis</i>	сл	Ер	oh-mh	пел	3,78	26,67
<i>Hybomitra peculiaris</i>	сл	Ер	oh-mh	пел	0,87	46,67

Продовження табл. 4.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Hybomitra ukrainica</i>	л	В-Ер	i	еє	1,23	33,33
<i>Eristalis pratorum</i>	л	В-Ер	oh	пел-пс	0,17	13,33
<i>Eristalis arbustorum</i>	сл	В	mh	пел	1,71	26,67
<i>Sphegina sibirica</i>	сл	В	mh	пел	0,21	13,33
<i>Themira putris</i>	сл	В	mh	пел	8,78	73,33
<i>Brachydeutera sp.</i>	сл	В-Ер	mh	пел-пс	1,61	46,67
<i>Notiphila nigricornis</i>	сл	В	i	пел	3,56	60,00
<i>Ephydra riparia</i>	сл	В	i	пел	7,76	80,00
<i>Ephydra scholtzi</i>	сл	В-Ер	mh	пс	13,67	60,00
<i>Paracoenia fumosa</i>	сл	В-Ер	mh	пс	0,19	6,67
<i>Dichaeta caudata</i>	л	В-Ер	oh-mh	пел	23,33	80,00
<i>Halmopota salinaria</i>	сл	В-Ер	i	пел	0,38	33,33
<i>Hydrophorus sp.</i>	сл	В	oh-mh	еє	5,00	86,67
<i>Machaerium sp.</i>	сл	В-Ер	oh	еє	3,43	20,00
<i>Lispe cotidiana</i>	сл	В-Ер	oh	еє	0,10	13,33
<i>Chironomus halophilus</i>	сл	В	oh-mh	пс-пел	0,99	20,00
<i>Halocladus sp.</i>	сл	В	mh	пс-пел	63,78	33,33
<i>Cricotopus sylvestris</i>	л	В	mh	пс-пел	8,68	26,67
<i>Procladius choreus</i>	л	В	mh	пс-пел	2,33	6,67
<i>Tanypus punctipennis</i>	л	В	hl	пел	3,57	20,00
<i>Ablabesmyia monilis</i>	л	В	i	пел	0,60	60,00
<i>Chironomus plumosus</i>	л	В-Ер	i	пел	3,56	66,67
<i>Chironomus albidus</i>	л	В	oh-mh	еє	17,17	46,67
<i>Parachironomus arcuatus</i>	л	В	mh	пел	6,22	13,33
<i>Palpomyia tibialis</i>	сл	В-Ер	i	пел	2,24	53,33
ІІВ № 2						
<i>Stratiomys singularior</i>	л	В	hl	пел	8,44	86,67
<i>Stratiomys chamaeleon</i>	л	В	eh	пел	2,37	53,33
<i>Stratiomys longicornis</i>	сл	В-Ер	mh	пс-А	0,60	73,33
<i>Nemotelus uliginosus</i>	л	В-Ер	mh	еє	3,52	80,00
<i>Eristalis pratorum</i>	сл	В	mh	пел	3,56	60,00
<i>Eristalis arbustorum</i>	сл	В	mh	пел	4,93	73,33
<i>Eristalis tenax</i>	сл	В	oh	пел	0,44	26,67
<i>Eristalis pratorum</i>	сл	В	mh	пел	2,56	60,00
<i>Themira putris</i>	сл	В-Ер	mh	пел-пс	0,17	13,33
<i>Ephydra afghanica</i>	сл	В-Ер	eh	еє	2,33	33,33
<i>Procladius choreus</i>	л	В	hl	пел	35,71	80,00

Продовження табл. 4.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Sphaeromias candidatus</i>	л	В-Ер	eh	пел	9,89	66,67
<i>Chironomus salinarius</i>	л	В	eh	пс-пел	48,31	33,33
ШВ № 3						
<i>Nemotelus uliginosus</i>	л	В-Ер	mh	еє	1,49	26,67
<i>Stratiomys chamaeleon</i>	л	В	eh	пел	0,56	20,00
<i>Eristalis pratorum</i>	сл	В	mh	пел	9,89	26,67
<i>Sphegina sibirica</i>	сл	В	mh	пел	2,16	26,67
<i>Chironomus salinarius</i>	л	В	eh	пс-пел	20,89	13,33
<i>Procladius choreus</i>	л	В	hl	пел	82,80	66,67
<i>Sphaeromias candidatus</i>	л	В-Ер	eh	пел	2,33	46,67
ШВ № 4/1						
<i>Oxycera nigricornis</i>	сл	Ер	oh-mh	пел	0,28	60,00
<i>Oxycera nigricornis</i>	сл	Ер	oh-mh	пел	0,59	60,00
<i>Paracoenia fumosa</i>	л	В-Ер	oh-mh	пел	0,24	46,67
<i>Dichaeta caudata</i>	сл	В-Ер	i	пел	0,08	13,33
<i>Scatella paludum</i>	л	В	oh-mh	еє	2,33	100,00
<i>Tanypus punctipennis</i>	л	В	i	пел	0,92	53,33
<i>Ablabesmyia monilis</i>	л	В-Ер	i	пел	0,30	60,00
<i>Halmopota salinaria</i>	сл	В	oh-mh	еє	0,17	20,00
<i>Lispe cotidiana</i>	сл	В	oh-mh	пс-пел	0,17	20,00
<i>Tanypus punctipennis</i>	л	В	i	пел	1,10	60,00
<i>Ablabesmyia monilis</i>	л	В-Ер	i	пел	0,82	73,33
<i>Chironomus plumosus</i>	л	В	oh-mh	еє	0,64	6,67
<i>Chironomus dorsalis</i>	л	В	i	пел	1,44	6,67
ШВ № 4/2						
<i>Stratiomys potamida</i>	сл	В-Ер	oh	еє	3,44	93,33
<i>Odontomyia angulata</i>	л	В-Ер	i	еє	0,62	46,67
<i>Odontomyia tigrina</i>	л	Ер	i	еє	1,10	66,67
<i>Nemotelus pantherinus</i>	л	В	oh	пел	0,92	46,67
<i>Eristalis tenax</i>	сл	В	oh	пел	0,82	100
<i>Scatella obsoleta</i>	сл	В	oh	еє	0,13	86,67
<i>Ablabesmyia monilis</i>	л	В-Ер	i	пел	0,67	33,33
<i>Paratanytarsus inopertus</i>	л	В-Ер	oh	А	0,81	33,33
<i>Cupteeladopelma viridula</i>	л	В	i-oh	пел	0,38	20,00
<i>Bezzia xantocephala</i>	л	Ер-Пр	oh	еє	0,20	13,33
ШВ № 5						
<i>Paracoenia fumosa</i>	л	В-Ер	oh-mh	пел	11,34	80,00

Продовження табл. 4.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Eristalis tenax</i>	л	В	oh	пел	35,56	100
<i>Brachydeutera sp.</i>	л	В	i	пел	7,51	60,00
<i>Dichaeta caudata</i>	л	В	oh	пел	2,33	73,33
<i>Notiphila nigricornis</i>	сл	В	i	пел	10,64	86,67

Примітки: А – аргілофіл; ее – евриедафобіонт; пел – пелофіл; пел-пс – пело-псамофіл; пс – псамофіл; пс-А – псамо-аргілофіл; пс-пт – псамо-петрофіл; В – бентобіонт; В-Ер – бенто-епіфіт; Ер – епіфіт; і – індіферент; еh – евригалоб; і-oh – індіферент-олігогалоб; h1 – галофіл; mh – мезогалоб; oh – олігогалоб; oh-mh – оліго-мезогалоб.

На даний час при порівнянні ВО обговорювати показник видового багатства вважаємо передчасним тому, що видовий склад очікується значно чисельнішим. Провідними критеріями оцінок є співвідношення життєвих форм (вказує на стан ВО за водністю), співвідношення видів за приуроченістю до типу ґрунтів (що вказує на загальний характер донних відкладень) і за галобністю (ілюструє рівні мінералізації ВО за довгий час).

З рис. 4.17 видно що, індикаторний таксоцен Хаджибейського лиману має повний набір життєвих форм, пов'язаних з різними типами ґрунтів.

За біотопічним розподілом в складі таксоцену Хаджибейського лиману спостерігається приблизно однакове співвідношення літорального та супраліторального комплексів – 40,9 % і 59,1 % відповідно. Тобто життєві умови для таксоцену можна вважати відносно прийнятними.

Головну складову бентобіонтів представляють евриедафобіонти і псамопелофіли з присутністю відносно незначної частки пелофілів, що свідчить про наявність процесів замулення: йде суцесія заміщення псамопелофільного комплексу (псамофільний в бенталі вже відсутній) на пелофільний через проміжний евриедафобіонтний.

Для супраліторалі характерний однорідний евриедафічний бенто-епіфітний комплекс при відсутності псамофілів в піщаній зоні заплеску (псамофільний елемент за нормальних умов повинен тут бути типовим). Ця обставина свідчить про порушення екологічної рівноваги, де зниклі типові форми заміщені евриедафобіонтами. Порушення рівноваги можна пов'язати з динамікою солоності за багаторічний період, коли, наприклад, галофільна фауна неминуче заміщується галотолерантними видами при опрісненні і навпаки.

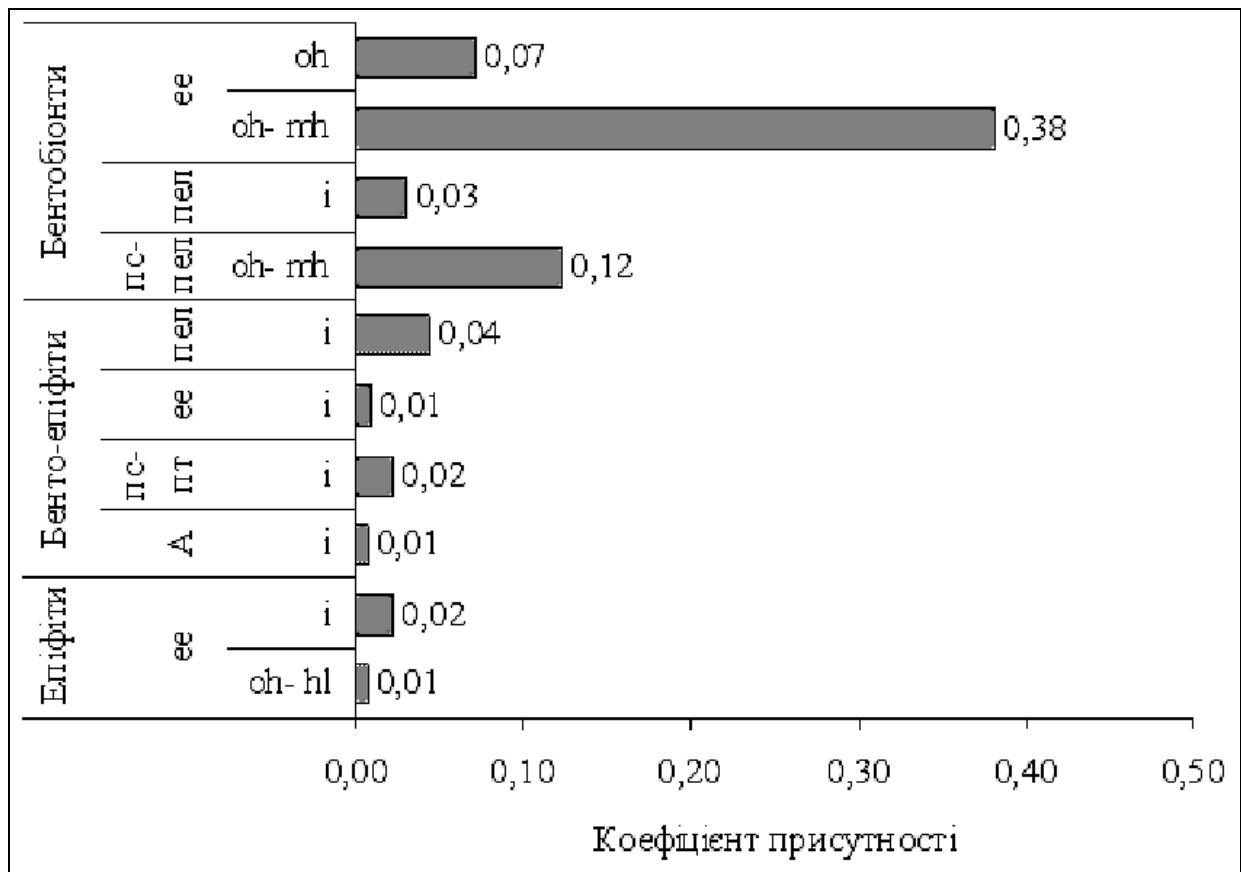


Рисунок 4.17 – Структура таксоцену *Diptera* Хаджибейського лиману: А – аргілофіл; еє – евриедафобіонт; пел – пелофіл; пел-пс – пело-псамофіл; пс-пт – псамо-петрофіл; і – індіферент; oh – олігогалоб; oh-mh – оліго-мезогалоб

В даному випадку таксоцен *Diptera* представлений в основному галотолерантними видами з числа індіферентів з залишками прісноводних олігогалобів і незначною часткою солелюбних оліго-галофілів. Тобто фауна не є типово солоноводною і не є прісноводною, а складається з галотолерантів, характерних для розбалансованих умов за солоністю.

Палійовська затока, як видно з рис. 4.18, за структурою життєвих форм співпадає з спільнотою Хаджибейського лиману.

Тут таксоцен *Diptera* представлено епіфітами, бенто-епіфітами і бентобіонтами.

Епіфіти, як і у випадку Хаджибейського лиману, складаються з едафоеврібіонтів. Відмінність полягає у тому, що в Палійовській затоці олігогалоби заміщені на оліго-галофілів, що свідчить про тенденцію до підвищення солоності.

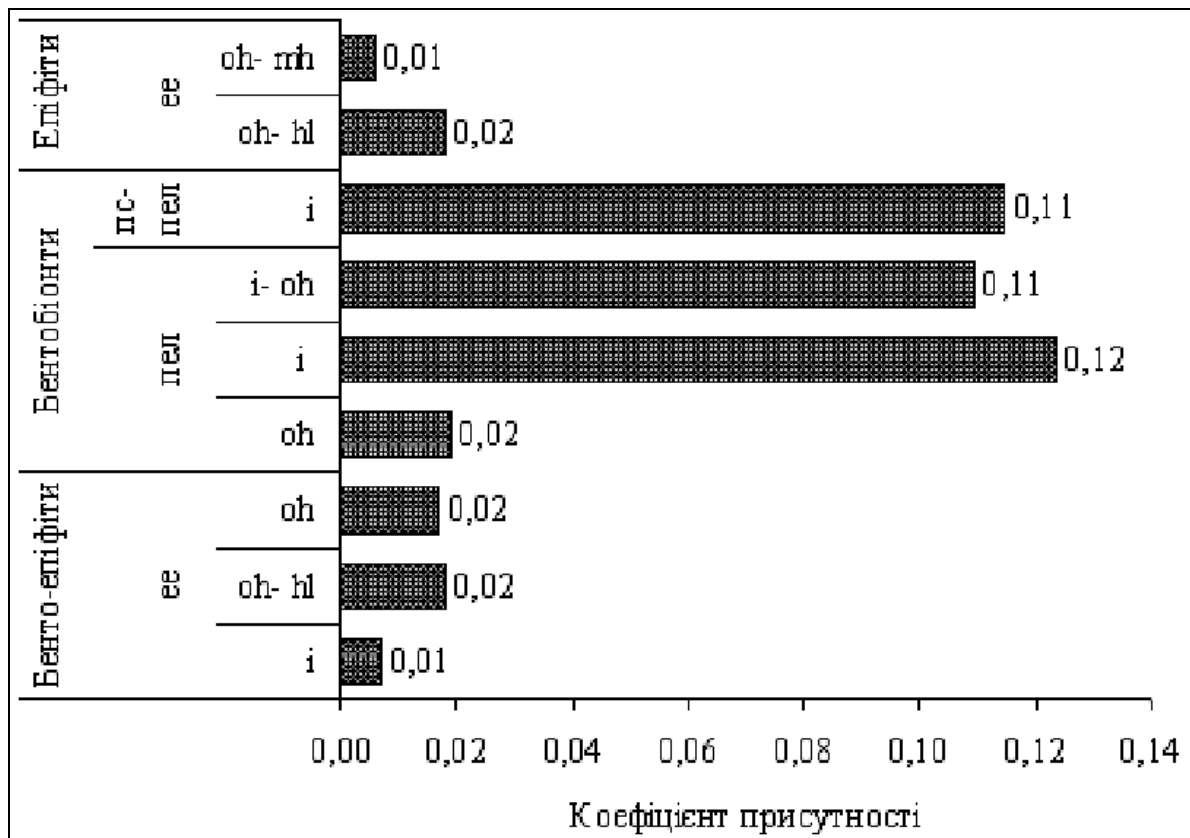


Рисунок 4.18 – Структура таксоцену *Diptera* Палійовської затоки:
 ee – евриедафобіонт; pel – пелофіл; pel-ps – пело-псамофіл; i – індиферент;
 i-oh – індиферент-олігогалоб; oh – олігогалоб; hl – галофіл;
 oh-mh – оліго-мезогалоб

Бенто-епіфітний і бентобіонтий комплекси за параметрами приуроченості до типу ґрунтів, галобністю і коефіцієнту присутності повністю співпадають з такими у Хаджибейському лимані. За цими ознаками для Палійовської затоки можна екстраполювати висновки відповідні Хаджибейського лиману з поправкою до тенденції на підвищення ваги галофілів.

Епіфітний комплекс ШВ № 1 зберігає характер відношення до типу ґрунтів, але, як видно з рис. 4.19, за відношенням до галобності спостерігаються явні зміни у бік галофільності. Якщо зважити на те, що епіфіти мають середовищем супраліторальну зону, то таких характер такого відношення до галобності відображає стабільно підвищену солоність у зоні заплеску і на прилеглому мілководді. Бенто-епіфітний комплекс ШВ № 1 відрізняється різноманіттям за приуроченістю до типів ґрунтів. Він містить угруповання едафоеврибіонтів, пело-псамофілів, псамо-аргілофілів і пелофілів, що відображає певну гідротопічну структурованість водного об'єкту.

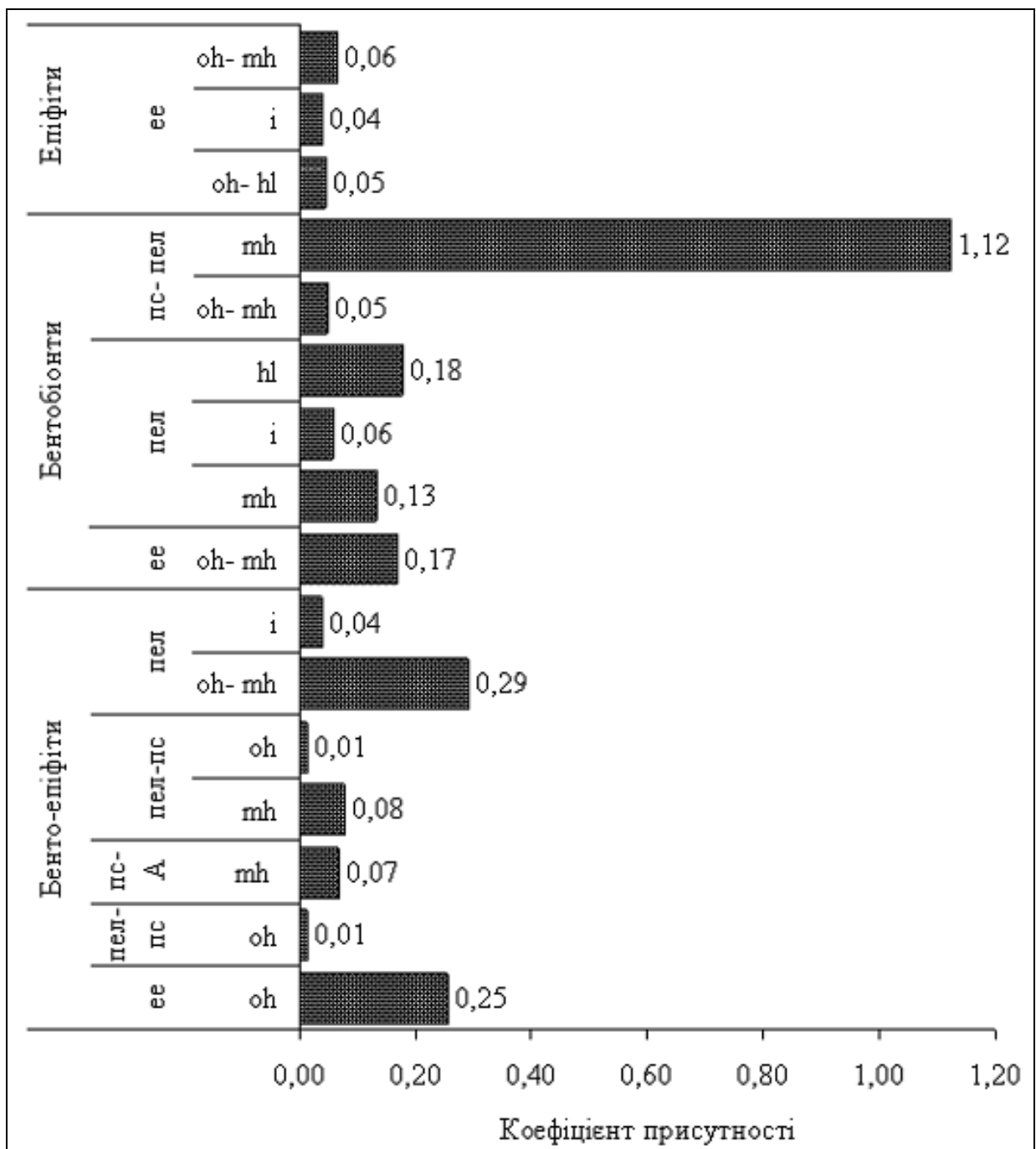


Рисунок 4.19 – Структура індикаторного таксоценозу *Diptera* ШВ № 1:
 ee – евриедафобіонт; пел – пелофіл; пел-пс – пело-псамофіл;
 пс-А – псамо-аргілофіл; і – індиферент; hl – галофіл; mh – мезогалоб;
 oh – олігогалоб; oh-mh – оліго-мезогалоб

Цікавим є той момент, що за відношенням до галобності тут присутні дві протилежні групи – олігогалоби та мезогалоби, як відображення наявності прісноводних зон і зон з підвищеною солоністю. Тобто тут можна очікувати наявності виходів помірно мінералізованих підземних вод або стабільний приток прісних поверхневих вод.

Між тим відносно високі значення коефіцієнту присутності мезогалобного елемента вказують на зони підвищеного засолення.

Бентобіонти складені з видів тісно пов'язаних з мулами або з широким діапазоном едафотолерантності при виключному домінуванні галобіонтів. Така структура бентобіонтного комплексу віддзеркалює наявність замулення при тотальному засоленні донних відкладень.

ШВ № 2 за структурою індикаторного таксоцену *Diptera* можна охарактеризувати як водойму з сформованою галобіонтною фауною (рис. 4.20).

З рис. 4.20 видно, що обидві визначені життєві форми – бентобіонти та бенто-епіфіти, складені з галобіонтів в тому числі таких, що приурочені до гіпергалінних вод.

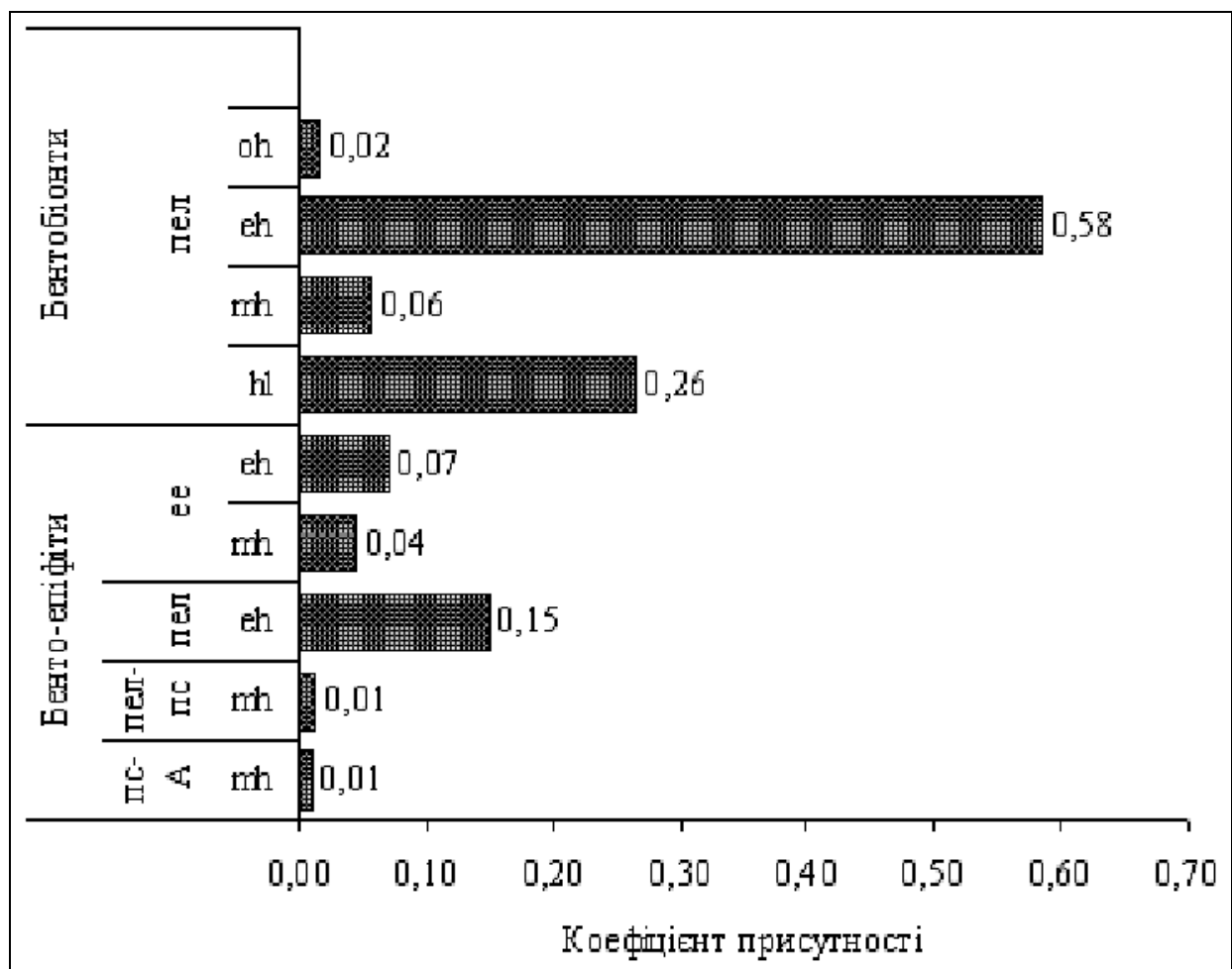


Рисунок 4.20 – Структура індикаторного таксоцену *Diptera* ШВ № 2:
 еее – евриедафобіонт; пел – пелофіл; пел-пс – пело-псамофіл; пс – псамофіл;
 пс-А – псамо-аргілофіл; eh – евригалоб; hl – галофіл; mh – мезогалоб;
 oh – олігогалоб

Причому евригалінний елемент (в повній мірі зберігає життєздатність в розсолах) має найвищий коефіцієнт присутності. За цими ознаками і ознакою високої питомої ваги пелофілів водойму можна віднести до солоної з високим рівнем замулення.

ШВ № 3, як видно з рис. 4.21, характерний високою присутністю псамопелофільного і пелофільного комплексів, складених з галобіонтних видів, притаманних розсолам.

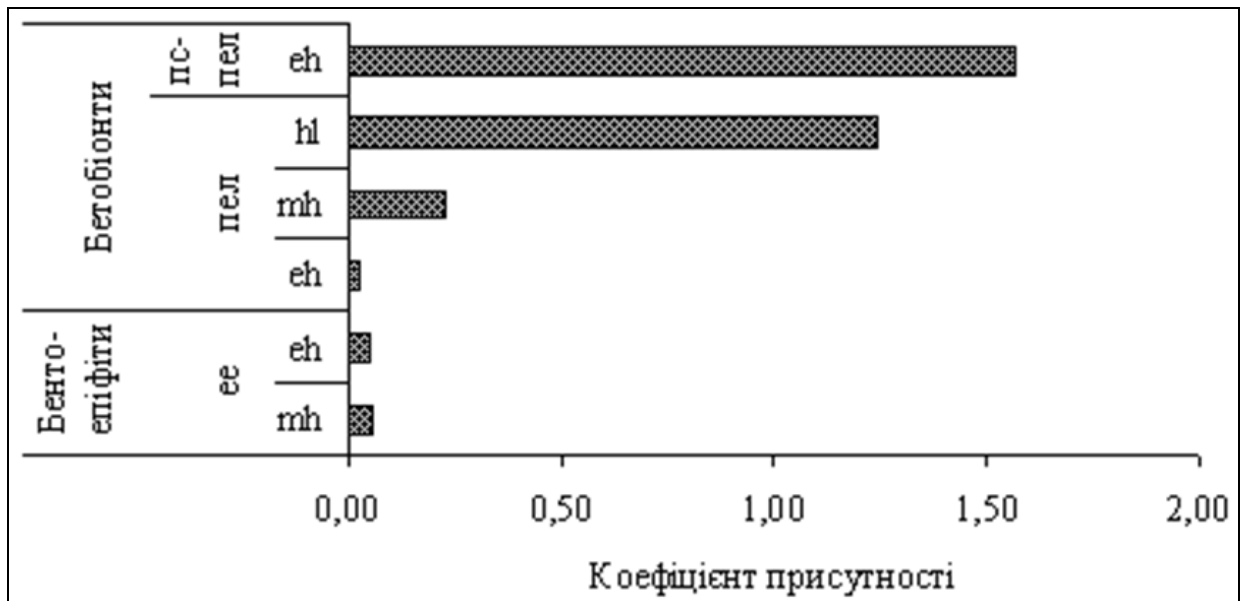


Рисунок 4.21 – Структура індикаторного таксоценозу *Diptera* ШВ № 3:
 ee – евриедафобіонт; пел – пелофіл; пел-пс – пело-псамофіл; eh – евригалоб;
 hl – галофіл; mh – мезогалоб

Становлення такої структури займає відносно тривалий час. Відповідно до цього можна стверджувати, що водойма вже має стабільно підвищену солоність. А відсутність ознак олігогалобного і навіть індиферентного елементу свідчить про майже цілковиту відсутність притоку прісних вод.

ШВ № 4/1 має три типи життєвих форм. З рис. 4.22 видно, що види, які складають угруповання епіфітів, бенто-епіфітів, бентобіонтів за галобністю відносяться всього до двох категорій – оліго-мезогалобів та індиферентів. Це вказує на те, що загальний фон є прісноводним.

Між тим екологічний стандарт виявлених у водоймі видів (табл. 4.2) і відношення до галобності вказує на їх здатність переносити значні рівні мінералізації. Крім того, визначене співвідношення видів індикаторного таксоценозу і видовий склад за екологічним стандартом свідчать про органічне забруднення вод. Тому домінування оліго-мезогалобів може бути в даних умовах в більшій мірі показником гіперсапробності вод за вмістом органіки.

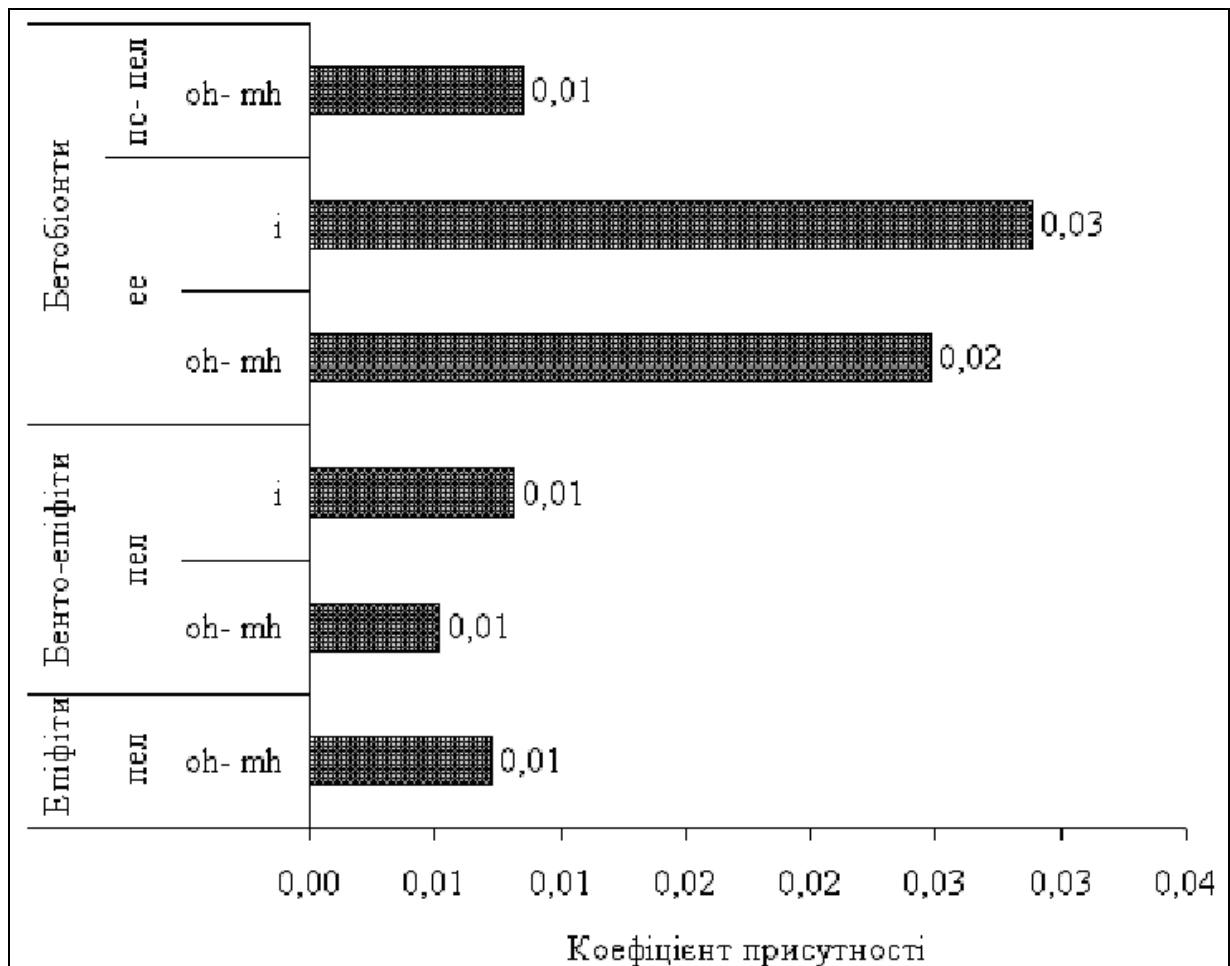


Рисунок 4.22 – Структура індикаторного таксоцену *Diptera* ШВ № 4/1:
 ее – евриедафобіонт; пел – пелофіл; пел-пс – пело-псамофіл;
 і – індиферент; oh-mh – оліго-мезогалоб

Окремо слід звернути увагу на присутність псамо-пелофілів: за фізіономічними ознаками водойми їх тут не може бути. Ми пояснюємо їх присутність наявністю піщаних домішків у складі насипу дамби.

ШВ № 4/2, є віддамбованою більшою частиною водойми № 4. В структурі життєвих форм, як видно з рис. 4.23, серед епіфітів, бенто-епіфітів, бентобіонтів присутні види категорій евриедафобіонтів, пелофілів, аргілофілів.

Найбільшу питому вагу мають прісноводні олігогалоби та індиференти пелофільних і евриедафічних угруповань. Цей вид структурованості вказує на перевагу в бенталі мулистих донних відкладень.

В спільноті таксоцену *Diptera* також присутні аргілофіли, але це, на наш погляд, є лише слідством дамбування та часткової розчистки дна.

ШВ № 5 характеризується збідненим видовим складом таксоцену (табл. 4.2) і збідненим складом за різноманіттям життєвих форм. Як видно з рис. 4.24, бенто-епіфіти та бентобіонти відносяться виключно до категорії пелофілів олігогалобної й індиферентної груп. Цікавим є факт розповсюдження в складі індикаторного таксоцену видів, притаманних стічним водам.

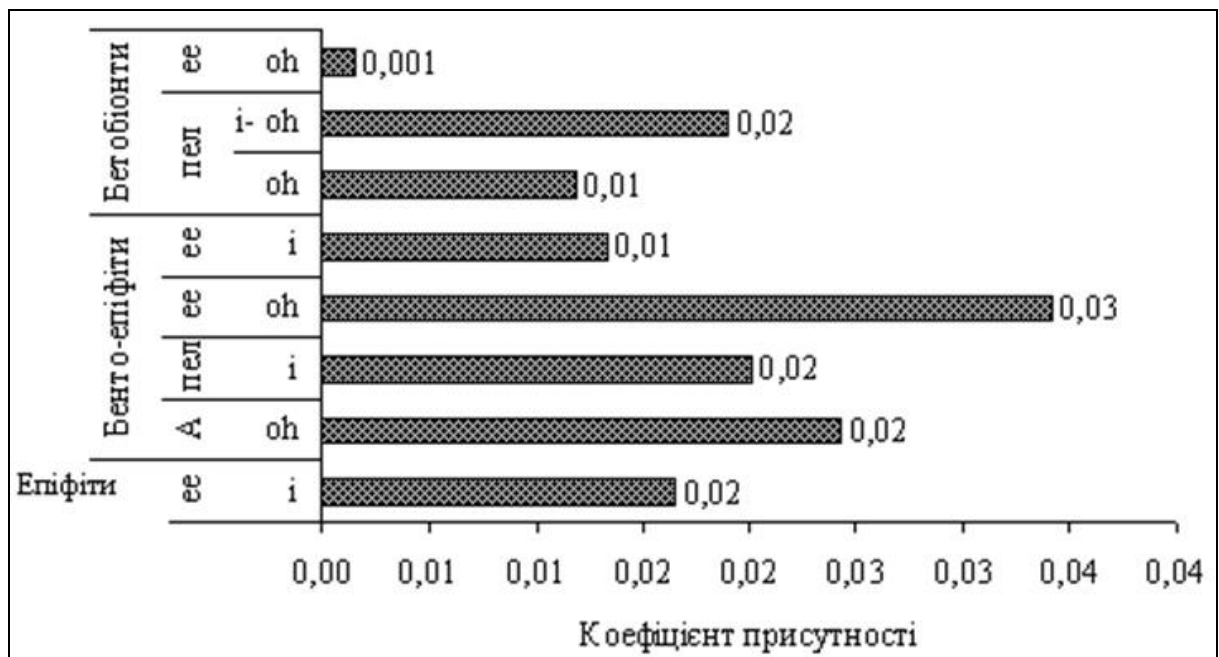


Рисунок 4.23 – Структура індикаторного таксоцену *Diptera* ШВ № 4/2:
 А – аргілофіл; еє – евриедафобіонт; пел – пелофіл;
 і – індиферент; і-oh – індиферент-олігогалоб; oh – олігогалоб

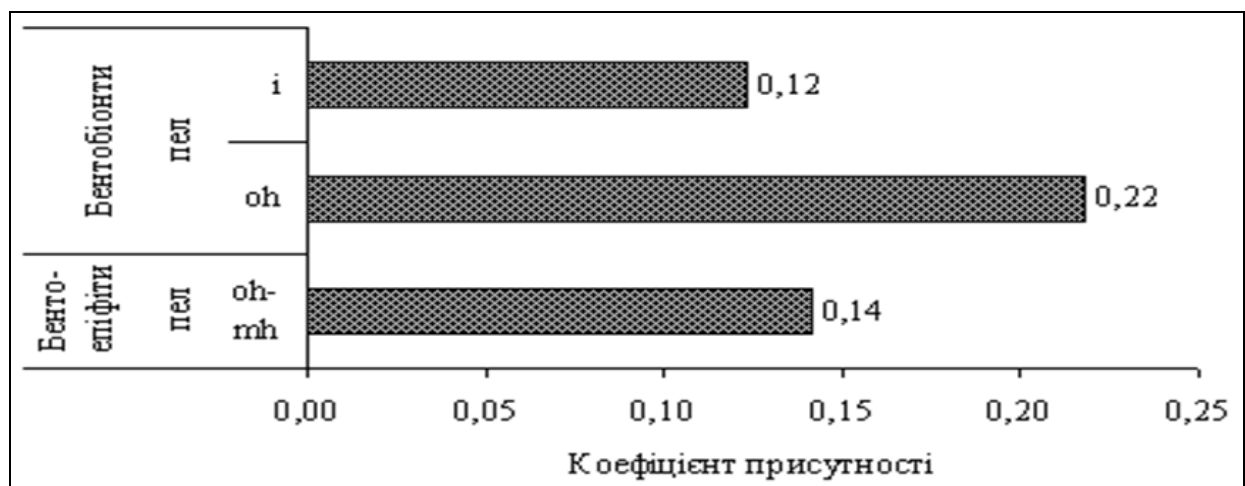


Рисунок 4.24 – Структура індикаторного таксоцену *Diptera* ШВ № 5:
 пел – пелофіл; і – індиферент; oh – олігогалоб; oh-mh – оліго-мезогалоб

5 СУЧАСНИЙ СТАН ІХТІОФАУНИ ВОДОЙМ ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ ХАДЖІБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ПОДАЛЬШОГО РИБОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ

Оцінка іхтіофауни верхньої частини Хаджибейського лиману, його Палійовської затоки та водойм гирлово-плавневої ділянки р. Свинна виконувалась за період з 1970 по 2011 рр., у тому числі за результатами комплексних натурних досліджень в 1999-2004 рр. та 2010-2011 рр.

У травні-листопаді 1999-2004 рр., спільно із співробітниками Дирекцією виробничо-дослідних експериментальних рибоводних об'єктів (ДВЕРО) управління «Одесарибвод», виконано п'ять комплексних зйомок для визначення чисельності, видового складу і розподілу іхтіофауни Палійовської затоки верхньої частини Хаджибейського лиману.

Лов здійснювали 25 метровим різноглибинними тралами (з розміром вічка в крилах 20 мм і в кутку – 30-40 мм). Буксирування трала здійснювали два катери БМК-130 із швидкістю 4-6 вузлів. Кожні 15-20 хвилин трал підіймали. Улов сортували відповідно видового складу, перераховували, зважували.

Чисельність розраховували виходячи з отриманих в ході зйомки матеріалів – улов на одне притонення за окремими видами риб. Розрахунки вели на 1 га площі [156]

$$M = P_1 \cdot m / P_2 \cdot k \quad (5.1)$$

де M – загальна чисельність риб на даній площі;

P_1 – площа зони обліку (10000 м²);

P_2 – площа облову трала (фактична);

k – коефіцієнт уловистості (приймається залежно від виду риб);

m – середній улов риб за одне притонення.

Для піленгаса та рослиноїдних риб коефіцієнт k приймали рівним 0,3; для окуня, судака і карася – 0,4; для бичка – 0,6 [157].

Розраховану для кожної станції чисельність того або іншого виду підсумовували, а потім ділили на загальне число станцій – 52 (не залежно від того в уловах на скількох станціях вид був присутній). Таким чином, знаходили його середню чисельність на 1 га. Перемножуючи цю величину на площу водойми та середню масу риб, визначали запас в тоннах.

Облік чисельності бичків проводили за допомогою бычкової волокуші та ятерів. Зважаючи на специфіку цього об'єкту, вважаємо, що дані про чисельність бичків вельми орієнтовні та значно занижені.

Біологічний аналіз виловлених риб виконано у відповідності до загальноприйнятої методики [158].

Для масових вимірювань, з уловів відбирали 30-50 екз. риб одного виду. За допомогою мірної дошки визначали загальну довжину за Смітом [158].

Рибу зважували на електричних вагах ВЛТК-1000 або на технічних вагах з точністю до 0,5 г. Особливо крупні екземпляри (наприклад, товстолобика) вимірювали рулеткою і зважували на безміні.

По 20-25 екземплярів риб масових видів піддавали повному біологічному аналізу. Після вимірювання та зважування, риб розтинали. Визначали стать і стадію зрілості гонад. Ступінь наповнення шлунку за чотирьохбальною шкалою (0, 1, 2, 3). Відбирали проби луски для визначення віку. Шлунки завертали в марлю, забезпечували етикеткою, фіксували 4-відсотковим формаліном.

При подальшій лабораторній обробці шлунок витягували з марлевого мішечка, промивали водою, розкривали, вміст поміщали в чашку Петрі та розглядали під біноклем МБС-10. Визначали видовий склад харчової грудки або його компонентів. Загальну кількість організмів в грудці перераховували та, за загальною кількістю об'єктів, визначали їх відсоток в живленні [159].

Одночасно, у весняний період року, проводили дослідження іхтіопланктону. Лов здійснювали за допомогою іхтіопланктонної сітки. Отриманий матеріал фіксували 4-відсотковим формаліном, подальшу обробку проводили в лабораторних умовах. Визначали видову приналежність і розміри ікри та личинок риб, стадію розвитку.

Весь отриманий матеріал оброблено статистично відповідно до загальноприйнятих методик [160].

Загальна характеристика та об'єм матеріалів натурних іхтіологічних вимірювань (відбір та обробка проб) становить: а) масові вимірювання та зважування – 950 проб; б) повний біологічний аналіз – 250 проб; в) визначення віку риб – 45 проб; г) визначення живлення (кормової бази) риб – 35 проб; д) кількість іхтіопланктонних проб – 18.

5.1 Оцінка складу іхтіофауни та рибної продукції Хаджибейського лиману, Палійовської затоки і штучних водойм гирлової ділянки річки Свинна

Склад іхтіофауни та рибна продукція Хаджибейського лиману, його Палійовської затоки, штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна впродовж останніх десятиліть неодноразово змінювалися в значних межах. Це пов'язано з особливостями гідролого-гідрохімічного режиму водойм (солоності води), станом кормової бази, змінами складу іхтіофауни, умовами відтворення аборигенних видів, об'ємами зарибнення та особливостями промислу.

У другій половині ХІХ ст. іхтіофауна лиману була представлена морськими видами риб (бички і глоса), що зникли надалі в результаті осолонення водоймища до 35 ‰. В 30-х рр. ХІХ ст., після зниження солоності до 16,7 ‰, була зроблена успішна спроба реінтродукції в лиман креветки, глоси і кефалі. У 1941 р. в результаті вибуху греблі лиман з'єднався з морем. Такий зв'язок, що продовжувався до 1944 р., сприяв заходу в лиман морських риб: атерини, бичків, глоси, кефалі й ін. [22, 161].

В післявоєнні роки на додаток до бичків пісочника і зеленчака, що вже мешкали в лимані, сюди намагалися вселити бичків кнута та кругляка. Подальша ізоляція водойми від моря призвела до його осолонення і зубожіння видового складу іхтіофауни. З жилих форм тут залишилися лише три види бичків, які були основними промисловими об'єктами, аж до 70-х рр. ХХ ст.

У 50-і рр. ХХ ст. неодноразово робилися спроби інтродукції в лиман чорноморської кефалі та цьоголіток камбали калкана для літнього нагулу [162], проте через відсутність рибопосадкового матеріалу (мальків в обмеженій кількості виловлювали в морі) ці роботи не увінчалися успіхом, хоча інтродуценти чудово виживали в лимані та швидко росли.

Збільшення об'ємів скидання в лиман стічних вод супроводжувалося поступовим його опрісненням, ефтрофуванням і підвищенням рівня води [22].

В результаті до 1975 р. повністю зникла глоса, бички (зеленчак і нігер), мідія, знизилася чисельність креветки, а її розміри та швидкість росту значно зменшилися.

На початок 80-х рр. ХХ ст. солоність вод лиману знизилась до 8-11 ‰. В іхтіофауні в ті роки з'явилися: карась, плітка, укля, окунь, що проникли з ставків, розташованих в долині рр. М. Куяльник і Свинна. З того часу в лимані замість збіднілого морського іхтіокомплексу почав активно формуватися прісноводий іхтіокомплекс.

В 1988 р. досліджувалася можливість вирощування чорноморської кефалі лобаня та гостроноса в саджалках в умовах опрісненого Хаджибейського лиману [163]. Результати цих робіт показали, що кефаль добре виживає та росте у водоймі на природній кормовій базі. Таким чином оцінена можливість отримання додаткової продукції за рахунок вирощування цих видів.

У 1980 р. відбулося перше зарибнення лиману цьоголітками срібного карася (2 млн. екз.). Оскільки мальків карася виловлювали в плавневій ділянці Дністровського лиману та в придунайських озерах, разом з ними в Хаджибейський лиман були завезені мальки ляща, щуки, сома, густери та багатьох інших прісноводних риб, а також раки. В продовж наступних років з'ясовувалось, що лящ, щука, тараня, раки та деякі інші види не знайшли у водоймі вселення сприятливих умов для природного відтворення. Тому вже протягом найближчих 2-3 років завезені «несанкціоновані» вселенці були виловлені, а їх потомство надалі в лимані не зустрічалося.

Разом з тим чисельність прісноводних риб стрімко росла. Цьому в значній мірі сприяли природні нерестовища, що розташовані у верхів'ях Хаджібейського лиману (с. Білка), Палійовської затоки та гирлово-плавневій ділянці р. Свинна (с. Єгорівка), де щорічно проходив масовий нерест карася, коропа та інших цінних прісноводних видів.

З 1985 р. лиман почали додатково зариблювати молоддю коропа та рослиноїдних риб. У цей період центральна частина Палійовської затоки – гирлово-плавнева ділянка р. Свинна (площею приблизно 600 га), була відокремлена від решти акваторії лиману та передана Одеському обласному рибному комбінату для вирощування прісноводних риб.

Таким чином ця частина верхів'я Хаджібейського лиману перетворилася на прісноводну рибогосподарську водойму (ШВ № 1 та № 2) з штучним зарибленням і додатковою годівлею риб. Верхня частина цієї рибогосподарської водойми (ШВ № 2) – від греблі між с. Отрадово та с. Болгарка до с. Єгорівка, зариблювалася коропом, карасем, пліткою, щукою, судаком і окунем, виключно за рахунок природного нересту на нерестовищах, що збереглися в гирлово-плавневій ділянці р. Свинна.

Нижня частина (ШВ № 1) – Палійовська рибдільниця Одесарибгоспу (на той час), використовувалася для товарного вирощування коропа та рослиноїдних риб (карася, коропа білого і строкатого товстолобика, судака та окуня). Зустрічалися також бичок пісочник, кругляк, зеленчак і тараня).

Найнижча ділянка Палійовської затоки – від нижньої греблі Одесарибгоспу до моста автодороги «Одеса-Київ», зариблювали коропом, карасем і рослиноїдними рибами та використовували для любительського рибальства (ділянка УТМР).

В результаті будівництва водосховища вище с. Єгорівка та трьох гребель розташованих вище с. Отрадове, по одній з яких пройшла залізнична гілка (станом на 2011 р. – залізничне полотно вже відсутнє), а по іншим двом – автомобільні дороги, стік р. Свинна перехоплюється, тому при відсутності водообміну з Палійовською затокою, ШВ № 1 та № 2 обміліли. Крім цього, за рахунок штучної годівлі риб значною кількістю комбікормів, відбулося їх поступове замулення (особливо ШВ № 1), про що також свідчать данні батиметричної зйомки цих водойм ОДЕКУ в 2011 р. Відсутність прісноводного стоку також призвела до підвищення солоності води до 30 ‰ – влітку 2011 р.

В зв'язку з втратою нерестовищ, відгороджених греблями, чисельність і улови промислових видів прісноводних риб почали катастрофічно знижуватися. В 90-х рр. ХХ ст. іхтіофауна ШВ № 2 була представлена лише нечисленним бичком пісочником, тугорослим карасем, який майже не зустрічався, колюшкою та бичком поматосхистусом.

В той же час, улови в межах рибдільниці Одесарибгоспу (ШВ № 1), яка зариблювалася річниками коропа та рослиноїдних риб продовжували рости.

В середині 90-х рр. ХХ ст. улови в межах рибдільниці Одесарибгоспу (ШВ № 1) досягли свого максимуму – 610-650 т/р (більше 1 т/га). В основному тут ловили білого та строкатого товстолобика, білого амура, коропа, карася, окуня і судака.

Вирощування риби тут проводили при додатковій годівлі. Щорічно використовували від 20 до 40 тис. т коропового комбікорму марки 101.1 або 111.1, який щодня висипали з кормороздавачів безпосередньо на дно водойми (на кормові майданчики). Це привело до сильної ефтрофікації водойми, яка не дивлячись на постійне вапнування залишків комбікорму, посилювалося, що пов'язано з обмеженим водообміном рибдільниці (ШВ № 1) з верхньою частиною гирлово-плавневої ділянки р. Свинна та Палійовською затокою.

В результаті розкладання і гниття невикористаних залишків корму, на дні водойми утворився сірководневий шар.

Погіршенню екологічної ситуації у водоймі сприяли періодичні скиди фекальних мас з гноєсховища Отрадівської птахофабрики, які регулярно виникали при переповнюванні накопичувальних водойм гноєсховища дощовими і талими водами.

Перераховані катаклізми призвели до того, що вже до 1990-1991 рр. намітилася стійка тенденція до деградації рибдільниці (ШВ № 1), а в 1992 р. – в її акваторії спостерігалось значне зниження об'ємів вилову товарної риби.

В результаті поганого водообміну з відкритою акваторією лиману і відсутністю припливу відносно прісних вод з водозбору р. Свинна відбулося осолонення та пересихання цих штучних рибогосподарських водойм.

Зростання коропа, білого амура, білого і строкатого товстолобика, сповільнилося. Значна частина риби була вражена краснухоподібним захворюванням, що виникло в результаті підвищення солоності води та її лужності.

З 1992 р. зарибнення рибдільниці Одесарибгоспу (ШВ № 1) прісноводними видами риб припинилося. Риба, що залишилася у водоймі, практично не росла та масово гинула. Тому з 1993 р. промисел в цій акваторії не здійснювався.

На сьогодні, робляться спроби інтродукції в рибдільницю Одесарибгоспу (ШВ № 1) російського осетра, бичка зеленчака і кругляка, а з 1992 р. (за нашими рекомендаціями) – кефалі піленгаса, камбали глоси та, дещо пізніше, камбали калкана. Всі перераховані види добре прижилися у водоймі, успішно зимували і добре росли.

Палійовська затока, що мала (має) достатньо інтенсивний водообмін з Хаджибейським лиманом, продовжує зариблюватися рослиноїдними рибами, коропом і карасем, рівно, як і сам лиман.

Об'єми зарибнення щорічно зменшувалися, а низьке промислове повернення (до 1 % від числа посаженої на вирощування молоді) робить таке зарибнення не ефективним і починаючи з 1993-1994 рр. воно припинилося.

Майже повна відсутність природного відтворення туводної іхтіофауни в Хаджибейському лимані, Палійовській затоці та гирлово-плавневих водоймах р. Свинна призвели до зменшення її запасів і промислових уловів, які в 1995 р. були мінімальними.

Ще в 1992 р. для збільшення біологічного різноманіття і підвищення рибопродуктивності гирлово-плавневих рибогосподарських водойм р. Свинна, та Палійовської затоки, а в перспективі – Хаджибейського лиману, нами було запропоновано акліматизувати тут далекосхідну кефаль піленгаса, яка швидко стала найбільш численним видом в усіх вказаних водоймах.

Цьому, в значній мірі, сприяє будівництво на базі Палійовської рибдільниці комплексу з відтворення морських риб ДВЕРО Одесарибвод і щорічне зариблення лиману мільйонами цьоголіток, отриманих в цьому риборозпліднику.

В 2006-2007 рр. Через відсутність фінансування ДВЕРО Одесарибвод, якій до цього моменту належав Палійовський риборозплідник, припинив працювати. Зарибнення водойм більше не проводилося. Крім того, в зв'язку з поганим водообміном з Палійовською затокою, пов'язаного з погіршенням роботи шандорного вузла в греблі рибдільниці, та відсутністю припливу води з водозбірного басейну р. Свинна, вже до 2010 р. солоність води у штучних рибогосподарських водоймах (ШВ № 1 та № 2) становить більш ніж 30 ‰, що призводить до втрати природної популяції піленгаса, яка з 1992 р. вже сформувалася і самовідтворювалася в цих водоймах.

В результаті проведених в 2011 р. ОДЕКУ натурних досліджень встановлено, що вказані вище зміни гідролого-гідрохімічного режиму призвели до майже повного пересихання штучних рибогосподарських водойм гирлово-плавневої ділянки р. Свинна від с. Єгорівка до с. Отрадове (с. Болгарка), які влітку та восени 2011 р. уявляли собою солонці з тонким шаром солоної води. Іхтіофауна станом на 2011 р. тут повністю відсутня, як вона відсутня і в пересохлому водосховищі вище с. Єгорівка.

Палійовська рибдільниця (ШВ № 1) в зв'язку з підвищенням солоності води (більш ніж 30 ‰ – влітку 2011 р.) також практично втратила свою іхтіофауну (табл. 5.1), яка почала відновлюватися тільки після поступового припливу відносно прісних вод, солоністю приблизно 6 ‰, з Палійовської затоки (за рахунок розчищення шандорного вузла в греблі водойми в липні 2011 р.), що призвело до зниження солоності води у водоймі (до 14-16 ‰ – восени 2011 р.).

Склад же іхтіофауни Палійовської затоки та Хаджибейського лиману за період з 2000 по 2011 рр. майже не змінився (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Видовий склад іхтіофауни Хаджибейського лиману, Палійовської затоки та ШРГВ (в гирлі р. Свинна) у 2000 та 2011 рр.

Види	Палійовська рибдільниця		Хаджибейський лиман					
			Верхня частина		Середня частина		Нижня частина	
	2000	2011	2000	2011	2000	2011	2000	2011
Короп (<i>Carpinus carpio</i> L.)	+	–	++	+	+	+	++	++
Товстолобик білий (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Val.)	+	–	++	++	+	++	++	++
Товстолобик строкатий (<i>Aristichthys nobilis</i> Rich)	+	–	+	++	+	++	++	++
Білий Амур (<i>Stenopharingodon idella</i> Val.)	–	–	+	+	+	+	++	+
Судак (<i>Lucioperca lucioperca</i> L.)	++	–	++	++	++	++	++	++
Окунь (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	++	–	+	+	+	+	+	+
Лящ (<i>Abramis brama</i> L.)	–	–	++	–	+	–	–	–
Карась (<i>Carassius auratus</i> Bloch.)	+	–	++	++	++	++	++	++
Густера (<i>Blicca bjoerkna</i> L.)	–	–	+	–	–	–	–	–
Тараня (<i>Rutilus rutilus hesheli</i> Schlegel)	–	–	+	–	–	–	+	–
Осетер російський (<i>Acipenser guldenstadti</i> Brandt)	+	–	–	–	–	–	–	–
Бичок-зеленчак (<i>Gobius ophiocephalus</i> Pallas.)	++	–	++	–	++	–	–	–
Бичок-пісочник (<i>Neogobius fluviatilis</i> Pallas.)	++	++	++	++	++	++	++	++
Бичок-кругляк (<i>Neogobius melanostomus</i> Pall)	++	+	+	++	++	+	+	+
Кефаль піленгас (<i>Mugil soiyu</i> Basilewsky)	++	++	++	++	++	++	++	++
Колюшка (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	++	++	++	++	++	++	++	++
Поматосхистус (<i>Pomatoshistus leopardikus</i> <i>microps</i> Risso)	++	+	++	++	++	++	++	++
Камбала-глоса (<i>Platichthys flesus luscus</i> Pall)	+	–	–	–	–	–	–	–

Примітки: «–» – не зустрічаються;

«+» зустрічаються рідко;

«++» – зустрічаються в промислових кількостях.

5.2 Акліматизація далекосхідної кефалі піленгаса в Хаджибейському лимані та рибогосподарських водоймах гирлово-плавневої ділянки р. Свинна

Перша партія плідників, цьоголіток і річників кефалі піленгаса була доставлена на Палійовську рибдільницю з Експериментального кефалевого заводу в 1992 р., а в 1993-1994 рр. на базі Палійовської рибдільниці будується експериментальний комплекс по відтворенню морських (кефалевих і камбалових) риб.

З того часу починається зарибнення Палійовської затоки цьоголітками і річниками піленгаса в об'ємах від 0,25 млн. екз. – у 1992 р., до 4-6 млн. екз. – у 2001-2004 рр. З 1997 р. піленгасом з Палійовського риборозплідника починають зариблювати Хаджибейський лиман, що сприяє зростанню біорізноманіття іхтіофауни та збільшенню уловів (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Об'єми зарибнення та вилову товарної риби в Хаджибейському лимані в 1997-2003 рр.

Види риб	Роки						
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Зарибнення памолоддю піленгаса, млн. шт.							
Цьоголітки	6,60	4,90	1,30	4,40	3,00	2,500	–
Річники	3,76	4,10	3,50	0,20	0,10	1,850	4,50
Всього	10,36	9,00	4,80	4,60	3,10	4,35	4,50
Об'єми вилову риб, т							
Судак	3,2	1,3	1,4	4,7	9,0	144,7	117,2
Карась	4,1	18,9	12,7	3,4	3,1	5,2	56,7
Окунь	37,0	48,6	33,6	111,0	17,9	18,0	22,3
Р/я	9,1	25,4	20,5	4,0	8,9	11,4	0,9
Короп	0,5	0,1	1,5	0,2	0,1	0,1	6,6
Піленгас	–	37,8	183,6	150,6	381,5	81,9	185,1
Загальний	53,9	132,1	253,3	273,9	420,5	261,3	388,7

В результаті масової інтродукції піленгаса в лиман вже в 1998 р. загальний річний вилов зріс з 53,9 т – в 1997 р., до 132,1 т – в 1998 р., причому річний вилов піленгаса склав – 37,8 т. В подальші роки спостерігалось зростання уловів кефалі, яке було пропорційне об'ємам зарибнення водойми (табл. 5.2). В 2001 р. вилов піленгаса був максимальним і становив 381,5 т.

Всього за період з 1997 по 2003 рр. Хаджибейський лиман з Палійовського риборозплідника було зариблений цьоголітками та річниками кефалі на 36,22 млн. шт., а сумарний (офіційний) вилов склав – 1020,5 т або, з урахуванням середньої промислової ваги риб (товарної дволітки), 4,75 млн. шт.

Таким чином, у відповідності до офіційної статистики, промислове повернення піленгаса в лимані складало трохи більше 13 %, що є дуже високим показником порівняно з промисловим поверненням рослиноїдних риб і коропа (менше 1 %).

При оцінці ефективності зарибнення Хаджибейського лиману піленгасом слід враховувати, що, по-перше, офіційна статистика враховувала в кращому випадку близько 50 % виловленої на промислі риби, а по-друге, абсолютно не враховувала рибу, виловлену рибалками – любителями, яка складала значну частину сумарного улову. Проведені дослідження, показали, що влітку-восени кількість рибалок любителів на 1 км берегової смуги лиману коливалося від 1-2 до 100 чоловік, а їх улов складав від 0,3-0,5 до 30 кг. Наплив любителів посилювався у вихідні дні та досягав максимуму в серпні-вересні. Якщо прийняти, що в середньому на 1 км берегової смуги, загальна протяжність якої перевищує 100 км, приходилося 7 рибалок, а їх середній улов за добу складав приблизно 8 кг риби, то легко підрахувати, що за сезон (100 днів), любительським промислом вилучалося не менше 500 т кефалі піленгаса. Останніми роками вилов любителями дещо знизився (приблизно до 250-350 т в рік), проте залишається достатньо значним.

Таким чином, з урахуванням офіційного промислового улову, його неврахованої частини і частки любительського промислу сумарний вилов піленгаса в Хаджибейському лимані в 1998-2004 рр., склав 3,7-4,0 тис. т. або 17,2-18,6 млн. екз. – товарної дволітки, а промислове повернення – 47,5-51,4 %.

Вже в перші роки після початку акліматизації піленгаса в Чорному морі та причорноморських лиманах було встановлено, що в нових умовах цей вселенець проявив дивовижну потенцію зростання, далеко обігнавши за цими показниками риб з нативного ареалу. В Хаджибейському лимані піленгас протягом року досягав маси 300-500 г (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Розмірно-вагові характеристики піленгаса в Хаджибейському лимані (водоймі вселення)

Вікові групи					
1+	2+	3+	1+	2+	3+
Довжина, см			Маса, г		
<u>14,0-24,5</u>	<u>25,3-32,0</u>	<u>35,5-42,0</u>	<u>60-150</u>	<u>210-400</u>	<u>820-1200</u>
21,2	28,3	38,7	120	350	870

Високий темп зростання піленгаса у водоймах вселення гідроекосистеми Хаджибейського лиману пояснюється багатою кормовою базою та сприятливим термічним режимом, значно вищим, ніж в материнській водоймі, з більшою тривалістю світлового дня. При вільному нагулі у піленгаса спостерігається дозрівання в більш ранні терміни, ніж в нативному ареалі. Як правило самки стають статевозрілими в трьох- чотирьохлітньому віці, самці – в двох- трьохлітньому віці. Відмічені випадки вилову самців у віці 1+, довжиною 30-36 см, масою 450-550 г, з гонадами на VI стадії зрілості (текучі риби).

У водоймах вселення гідроекосистеми Хаджибейського лиману піленгас, з природної популяції, що сформувалася тут, дозріває у віці 3-4-х років, що значно раніше ніж на його батьківщині в Амурській затоці.

В умовах водойм Північно-Західного Причорномор'я за період акліматизації у піленгаса з природних популяцій сформувалася більш висока плодючість. Показники плодючості (абсолютної, відносної та робочої) у піленгаса в середньому на 12-37 %, вище ніж в материнському ареалі.

На місця розмноження піленгаса у водоймах вселення найбільше впливає солоність води. Дослідження впливу солоності на ранній онтогенез піленгаса, визначення оптимальних і порогових значень цього чинника середовища для ембріонів та личинок вельми важливі для оптимізації режиму культивування об'єкту. З іншого боку, дослідження в цьому напрямі представляють великий інтерес для розуміння адаптивних можливостей виду в ареалі вселення.

В літературі зустрічається дуже суперечлива інформація щодо солоності середовища, сприятливої для нересту піленгаса у водоймах Південного Примор'я. Наприклад, Т.В. Дехник та А.В. Мизюркіна знаходили ікру піленгаса, що розвивалася, на акваторіях з солоністю 29,9-32,7 ‰, в той же час Б.Н. Казанський спостерігав нерест піленгаса при солоності 15-18 ‰ [163].

Ікра піленгаса, отримана після гормональної стимуляції дозрівання плідників як вирощених в штучних умовах (маточних стад), так і вилучених в нерестовий період з природних водойм, здатна запліднюватися в широкому діапазоні солоності. У діапазоні 5-30 ‰ відсоток запліднення ікри експериментальних партій достатньо високий та у водах з різною солоністю з цього діапазону істотно не розрізнявся. При більш високих значеннях солоності води – він знижується. В ході ембріогенезу діапазон оптимальних значень солоності води для розвитку зародків звужується та до стадії рухомого стану ембріона для ікри, отриманої від плідників з маточних стад, складає 23-30 ‰, а для ікри, отриманої від плідників з природних популяцій – 18-20 ‰.

Виявлені відмінності, як показали дослідження, пов'язані з різною плавучістю ікри. Нормальний ембріональний розвиток піленгаса, як і чорноморських кефалей, відбувається тільки в середовищі, яке забезпечується зважений стан ікринок.

Велика частина партій ікри піленгаса маточних стад має позитивну плавучість і нормально розвивається у воді з солоністю 22-25 ‰. У риб з природних популяцій – при 14-20 ‰.

Розвиток зародків, що опустилися на дно інкубаційної ємкості в опрісненій воді та тих що «залипнули» у поверхневої плівки у воді високої солоності, як правило, зупиняється на стадії дрібноклітинної морули.

Застосування слабкої аерації для підтримки ікри, що розвивається, в товщі води будь-якої щільності, дозволяє отримувати личинок навіть у воді з солоністю 5-10 ‰. Проте в цих умовах іноді (до 25-50 %) вилуплюються личинки з різними порушеннями в розвитку: викривленим хвостовим відділом хребта, водяною перикарду. Не виключено, що збільшення останніми роками в азовській популяції піленгаса числа потворних особин із зміненими пропорціями тіла, з викривленим хребтом пов'язано з природним відтворенням акліматизанта в неоптимальних за солоністю середовища умовах.

Разом з тим, в умовах опріснених ШРГВ (ШВ № 1) в гирлі р. Свинна, Палійовської затоки і ще більш опрісненого Хаджибейського лиману, де солоність в поверхневому шарі відкритої його частини складає 4-6 ‰ і де за нашими даними проходить природний нерест піленгаса, не спостерігалось значної кількості риб з відхиленнями від норми розвитку. Це пояснюється тим, що основним місцем нересту піленгаса в Хаджибейському лимані, в перші роки після його акліматизації в цій водоймі, служила акваторія ШРГВ (ШВ № 1) в гирлі р. Свинна, в окремих ділянках якої солоність в цей час досягала 11-17 ‰.

Тут в 1999-2007 рр. щорічно спостерігався масовий нерест піленгаса (як природний, так і індукований штучно). Підтвердженням цьому служать випадки масового вилову в цій акваторії ікри, що розвивається, на різних стадіях розвитку та ранніх (3-6-ти добових) личинок піленгаса.

У відкритій частині Хаджибейського лиману де після ізоляції та осолонення ШРГВ проходить нерест останніми роками, він обмежений, відбувається в найбільш солоних акваторіях. Можливо, відтворенню піленгаса тут сприяє щільніший, підстилаючий глибинний шар, солоної, охолодженої води, який перешкоджає зануренню ікри піленгаса, що розвивається, на дно і забезпечує нормальний розвиток деякої кількості яець. Разом з тим, нерест піленгаса у відкритих, опріснених акваторіях Хаджибейського лиману ймовірно носить вельми обмежений характер, оскільки випадки вилову ікри, що розвивається, і ранніх личинок не чисельні, а популяція піленгаса в лимані, після припинення його масового зарибнення молоддю з Палійовського риборозплідника, інтенсивно скорочується.

Виявлені відмінності в плавучості ікри піленгаса, що розвивається, з маточних стад і природних популяцій, пов'язані з її морфо-фізіологічними та біохімічними особливостями.

Встановлено тісний кореляційний зв'язок між розмірами ікри, її масою, вмістом сумарних ліпідів і величиною нейтральної плавучості. Значущою також опинилася зворотна залежність плавучості ікри піленгаса від відносного об'єму жирової краплі. Величина цього показника, змінюючись залежно від солоності середовища в районах нересту окремих популяцій, відображає географічне розповсюдження визначеного виду кефалі в межах його ареалу. Так, у піленгаса з материнського ареалу (Південне Примор'я), що переважно розмножується у воді океанічної солоності, величина відносного об'єму жирової краплі складає 6,9-10,2 % від діаметру ікринки, тоді як у акліматизованого в Азово-Чорноморському басейні – 11,5-17,9 %, а в Хаджибейському лимані – 15,0-18,2 %. Таким чином, можна стверджувати, що на початку адаптаційного періоду (з 1992 по 2008 рр.) ШРГВ (ШВ № 1) в гирлі р. Свинна та Палійовська затока (верхня частина Хаджибейського лиману) були основним місцем розмноження акліматизанта, в той же час завдяки фізіологічній перебудові відтворювальної системи, піленгас більш ніж за 10 років освоїв відкриті акваторії Хаджибейського лиману, тому на сьогодні основні нерестовища розташовані в відкритих акваторіях цієї водойми.

Отримані дані свідчать про те, що швидкість росту піленгаса вище в солонуватій ніж в морській і прісній воді. Мабуть це ще одна причина високого темпу зростання піленгаса у водоймах вселення в порівнянні з материнським ареалом.

Особливий інтерес представляють міжвидові відносини піленгаса та аборигенної іхтіофауни, що склалися в Хаджибейському лимані. У цій водоймі на сьогодні мешкає 16 видів риб. Це в основному представники прісноводного комплексу. Промислове значення окрім піленгаса, який тут є основним промисловим видом, мають: карась, короп, білий і строкатий товстолобики, бички, окунь і судак.

За період з 1997 по 2011 рр. чисельність і запаси аборигенної іхтіофауни у водоймі не тільки не зменшилися, але і значно зросли (табл. 5.4).

Всі перераховані види займають свою екологічну нішу та не вступають в харчову конкуренцію з піленгасом. Більш того, після акліматизації в лимані піленгаса, спостерігається зростання чисельності судака. Відбулося це завдяки тому, що цьогорітки кефалі формують кормову базу судака, який в масі споживає хворих, відсталих в зростанні та розвитку цьогоріток.

Річники-дволітки піленгаса, що досягли довжини 15-18 см, виходять з під «преса» хижака та формують промислову популяцію цього виду. Таким чином, з одного боку тугоросла молодь піленгаса забезпечує додаткову продукцію судака у водоймі, а з іншого – судак регулює чисельність піленгаса та, знищуючи тугорослих і хворих мальків, сприяє високій продукції кефалі в Хаджибейському лимані, у тому числі його верхній частині.

Таблиця 5.4 – Динаміка промислових уловів (в тонах) гідробіонтів в Хаджібейському лимані за період з 1971 по 2010 рр.

Об'єкти промислу	Об'єми вилову промислових гідробіонтів по роках, т									
	1971	1972	1973	1974	1974	1976	1977	1978	1979	1980
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Карась										
Окунь										
Судак										
Товстолобик										
Короп										
Білий Амур										
Плітка										
Піленгас										
Глоса	9,5									
Бичок	14,6	4,4	38,7							
Мідія	357,1	641,9	235,0	313,2				11,2		
Креветка	304,3	385,7	71,8	142,5	329,7	253,6	137,6	103,7	234,0	
ВСЬОГО	685,5	1032,0	345,5	455,7	329,7	253,6	137,6	114,9	234,0	0

Продовження таблиці 5.4

Об'єкти промислу	Об'єми вилову промислових гідробіонтів по роках, т									
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
<i>I</i>	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Карась			530,3	842,6	203,8	201,1	142,9	123,8	14,3	94,0
Окунь			84,6	105,1	321,7	299,7	49,6	63,7	16,4	104,6
Судак										
Товстолобик										
Короп			197,1	241,6	44,0	58,0	39,3	11,5	1,8	3,3
Білий Амур										
Плітка										
Піленгас										
Глоса										
Бичок										
Мідія										
Креветка										
ВСЬОГО	0	0	812,0	1189,0	569,5	558,8	231,8	199,0	32,5	201,9

Продовження таблиці 5.4

Об'єкти промислу	Об'єми вилову промислових гідробіонтів по роках, т									
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<i>I</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>	<i>30</i>	<i>31</i>
Карась	46,1	25,2	8,1	15,4	7,2	16,1	4,1	18,9	12,7	3,4
Окунь	123,3	70,6	71,6	167,3	296,0	85,1	37,0	48,6	33,6	111,0
Судак			0,26	3,4	4,4	1,8	3,2	1,32	1,4	4,7
Товстолобик		3,6	3,0	1,3	1,8	1,3	9,1	25,4	20,5	4,0
Короп	12,1	0,4	0,9	3,5	2,4	0,4	0,5	0,1	1,5	0,2
Білий Амур										
Плітка		0,2								
Піленгас								37,8	183,6	150,6
Глоса										
Бичок										
Мідія										
Креветка										
ВСЬОГО	181,5	99,82	83,86	190,9	311,8	104,7	53,9	132,12	253,3	273,9

Продовження таблиці 5.4

Об'єкти промислу	Об'єми вилову промислових гідробіонтів по роках, т									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<i>I</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>
Карась	3,12	5,2	56,70	24,10	46,66	10,1	121,3	19,87	65,52	149,25
Окунь	17,9	18,0	22,30	30,20	60,37	10,2	31,65	25,18	27,96	115,71
Судак	8,96	144,7	117,2	91,40	52,58	59,1	73,59	46,53	92,76	68,08
Товстолобик	8,93	0,1	0,90	78,50	162,9	72,4	282,0	68,19	140,73	140,88
Короп	0,06		6,6	4,5	4,82	0,95	19,78	0,16	2,41	3,42
Білий Амур							0,35	0,12	1,37	5,18
Плітка										
Піленгас	381,5	81,9	185,1	227,9	573,4	150,0	334,5	323,5	475,31	164,9
Глоса										
Бичок							2,99	1,62	2,70	4,69
Мідія										
Креветка										
ВСЬОГО	420,47	249,9	388,8	456,6	900,7	302,0	866,2	485,1	808,76	652,11

5.3 Улови та стан запасів основних промислових риб водойм

Результати промислу риб в Хаджибейському лимані за період з 1971 по 2010 рр. представлені вище в табл. 5.4. З цих даних видно, що до 1980 р. в лимані видобували в основному мідію, креветку, бичка і глосу. Після опріснення водойми промисел в Хаджибейському лимані базувався на прісноводних рибах. Основу уловів складала срібний карась і окунь, у меншій мірі – короп, судак і товстолобик. З 1981 р. улови постійно зростали та в 1984 р. досягли свого максимуму. Надалі, в зв'язку з втратою нерестовищ в гирловій частині р. Свинна (ШВ № 1 та № 2) і несприятливим гідрохімічним режимом (зростанням солоності води та ефтрофуванням), в лимані спостерігалася поступове зниження об'ємів вилову прісноводних риб. Виходячи з цього було рекомендовано проводити щорічне зарибнення водойми річниками коропа, карася та рослиноїдних риб в кількості 8-12 млн. екз. Проте ці рекомендації не виконувалися, а з 90-х рр. ХХ ст., в зв'язку з скрутною економічною обстановкою, зарибнення лиману прісноводними рибами знизилось до мінімуму.

Наприклад, в 1993 р. в лиман було зариблений 2,7 млн. – цьоголіток карася, 66,5 тис. – цьоголіток коропа, і 1,8 млн. – личинок коропа, в 1994 р. – всього 1,8 млн. – цьоголіток карася, і 9,3 тис. – дволіток товстолобика, а в 1995 р. зарибнення знизилось до 500 тис. – цьоголіток товстолобика, і 460 тис. – цьоголіток коропа, що звісно не могло компенсувати втрату нерестовищ в верхній частині Хаджибейського лиману (ШВ № 1 та № 2, Палійовська затока).

В зв'язку з такою ситуацією, з 1994 р. спостерігалася стійка тенденція до зниження в лимані уловів коропа, карася, судака, в той же час декілька збільшуються улови окуня.

З 1997 р., у зв'язку з осолоненням водойми і падінням рибопродуктивності, лиман починають зариблювати піленгасом. В цьому році водойма зариблена понад 10 млн. – цьоголіток і річників кефалі, а 1998 р. – понад 9 млн. В наступні роки щорічне зарибнення лиману коливалось від 3,1 до 4,8 млн. – цьоголіток і річників (див. пп. 5.2, табл. 5.2).

Вже в 1998 р. улови піленгаса (тільки офіційно зареєстровані) становили 37,2 т, а в 1999 р. – 183,6 т. Крім того з 1998 р. в уловах з'явилися бички, чисельність яких в лимані постійно зростала.

Основу уловів в 1998 р. в Хаджибейському лимані складав, як і в попередні роки, окунь – 48,6 т, на друге місце – 37,2 т, вперше вийшов піленгас. Улови карася зросли до 18,5 т, з 15-16 т – у 1993-1997 рр. (табл. 5.4). Цікаво також, що до 24,4 т підвищився вилов рослиноїдних риб, який у 1987 р. (початок промислу) не перевищував 1,3-9,0 т. Цьому сприяв активний промисел за допомогою тралових волокуш.

Треба зазначити, що в 1987 р. в уловах в основному були присутні особини масою від 1,5 до 5-7 кг, а в 1998 р. промисел рослиноїдних риб вівся переважно сітками, тому в уловах зустрічалися риби у віці 6-7 років масою понад 8-10 кг.

З 1999 р. перше місце в уловах по лиману зайняв піленгас. Вилов окуня і карася дещо знизився – відповідно до 33,6 і 12,7 т. Улови судака лишилися стабільними 1,32-1,40 т. Значно зросли улови рослиноїдних риб – до 20,5 т, причому, як і в 1998 р. основу складали 6-8 літні особини масою 10-12 кг. Дещо збільшився вилов коропа – до 1,5 т. В уловах навесні та влітку в значній кількості була присутня молодь судака (чопика) і молодь (двох-трьохлітки) товстолобика масою до 0,5-1,5 кг.

В наступні роки в лимані поступово зростає чисельність судака, що пригнічує популяцію піленгаса, але кефаль і надалі остається основним промисловим об'єктом. В 2004 р., після прориву дамби Палійовської рибдільниці (ШВ № 1), майже весь піленгас (цьоголітки, річники і плідники) – приблизно 14 млн. екз., вийшов у відкриту акваторію Хаджибейського лиману. Завдяки цьому вже в 2005 р. вилов кефалі сягає 573,4 т. З цього часу припиняє свою роботу Палійовська риборозплідна дільниця, що веде до падіння уловів піленгаса.

В наступні роки висока чисельність піленгаса підтримується завдяки його природному відтворенню у відкритих акваторіях водойми та Палійовської рибдільниці (ШВ № 1), яка з 25 листопада 2011 р. вільно сполучається з Палійовською затокою Хаджибейського лиману.

Як показали проведені облікові зйомки, сьогодні найбільш численні в лимані карась, судак, окунь, піленгас, бички. Короп, білий і строкатий товстолобик, білий амур в значній кількості зустрічаються тільки в пониззі лиману і у верхів'ях (заборонена частина поблизу с. Білка) та в ШВ № 1. Такі види, як лящ, густера, тараня зрідка зустрічаються у верхів'ях лиману (заборонена зона), є нечисленними та промислового значення не мають.

В 2010-2011 рр. промисел в Хаджибейському лимані базувався в основному на 7 видах промислових риб – карась, короп, судак, білий і строкатий товстолобики, білий амур і піленгас. У уловах періодично з'являється бичок, але його вилов незначний, тому що спеціалізованій промисел цього виду в лимані не ведеться.

В акваторії Палійовської рибдільниці (ШВ № 1) в уловах трала в період з 1997 по 1999 рр. поодинці зустрічалася камбала-глоса та російський осетер, які були інтродуковані в затоку в 1994-1995 рр. в ході експериментальних робіт. Глоса й осетер добре прижилися в нових умовах проявили високий темп зростання та вгодованість, проте із-за обмежених об'ємів інтродукції (більш ніж 1000 екз. – осетра, та приблизно 1500 екз. – глоси) і одноразовості вселення, зустрічалися рідко.

В період з 1995 по 2006 рр. в Палійовській рибдільниці (ШВ № 1) вівся обмежений науково-меліоративний лов донними волокушами та садковими сітками. Основу промислу складав піленгас. Улови його досягали 100-115 т. Додатково виловлювали від 5-10 до 45-57 т – судака, та 5-14 т – карася.

Популяція піленгаса в цій водоймі за період з 2000 по 2005 рр. була представлена сім'ю віковими групами (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Зміни вікового та вагового склад популяції піленгаса Палійовської затоки за період з 2000 по 2005 рр.

Вікові групи піленгаса		Вага піленгаса, г
Цьоголітки	0+	0,5-15,7
Річники-дволітки	1-1+	10-350
Дворічки-трьохлітки	2-2+	150-365
Трьохрічки-чотирілітки	3-3+	450-875
Чотирьохрічки-п'ятилітки	4-4+	850-1850
П'ятирічки-шістьолітки	5-5+	1650-2780
Шістьорічки-сімьолітки	6-6+	2650-3587

Після втрати зв'язку з відкритою акваторією лиману Палійовська рибдільниця (ШВ № 1) осолонилася, крім того значно зросла лужність води. Все це призвело до майже повної втрати іхтіофауни, яка стала відтворюватися тільки після відкриття шандорів (в липні 2011 р.) і нормалізації гідролого-гідрохімічного режиму водойми. Результати оцінки промислових запасів риб Хаджібейського лиману (для основних промислових видів) за період з 1999 по 2010 рр. представлена в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Оцінка промислових запасів риб (в тонах) в Хаджібейському лимані за даними облікових зйомок в 1999 та в 2010 рр.

Види риб	Промислові запаси риб по роках, т	
	1999	2010
Піленгас	2622,5	1554,6
Карась	157,2	218,8
Окунь	82,0	150,0
Судак	170,3	75,5
Короп	10,0	17,5
Товстолобик	64,0	498,0
Бички	116,0	145,0
ВСЬОГО	3222,0	2659,4

Отримані данні свідчать про зниження чисельності та промислового запасу основних промислових об'єктів – піленгаса і судака. Разом з тим, в лимані зросли промислові запаси карася, окуня, товстолобика, бичка і коропа. Такі зміни можуть бути пов'язані з втратою основних нерестовищ піленгаса (ШВ № 1 та № 2 – в гирлі р. Свинна), з одного боку, і відсутністю повноцінного штучного зариблення лиману кефаллю, з іншого. В свою чергу зменшення чисельності кефалі привело до падіння запасів судака. Прогресуюче зростання чисельності карася і окуня може свідчити про те, що Хаджибейський лиман поступово перетворюється в карасьово-окуневу водойму.

Таким чином, проведені дослідження показують, що на фоні зниження загальних запасів риб в Хаджибейському лимані спостерігається ще й структурна зміна іхтіоценозу, пов'язана з зміною стратегії та інтенсивності зариблення водойми.

5.4 Біологічна характеристика основних промислових видів риб водойм

Біологічна характеристика найбільш масових промислових риб Хаджибейського лиману, виконана за результатами досліджень ОДЕКУ за період з 2009 по 2011 рр., наведена нижче.

У популяції окуня 50 % складала самки, 35 % – самці, 15 % – статевонезрілі особини. Розміри риб варіювали від 8-14 до 24 см – в 2009 р., і від 14 до 22 см – в 2011 р., що в середньому становить 13 см. В порівнянні з 1994-1996 рр. за 2009-2011 рр. в популяції окуня майже повністю зникли крупні особини (понад 26 см), водночас збільшилася частка статевонезрілих риб довжиною 14-20 см. Середня довжина окуня зменшилася до 13 см, а маса – до 75 г. Вік оглянутих риб складав 2-5 років, з них більше 60 % складала двох-трьохлітки. Аналіз вмісту шлунків, як і в попередні роки показав, що основним об'єктом живлення окуня є дафнія, креветка, у меншій мірі голландський краб, водночас в шлунках крім бичків з'являється і молодь кефалі.

Піленгас в уловах 2009-2010 рр. був представлений особинами довжиною від 14 до 34 см. Основу уловів складала дволітки – 85,5 %, частка чотиріліток не перевищувала 6,7 %, а п'яти-шестиліток – 1,9 %. В 2011 р. популяція піленгаса в лимані та в акваторії Палійовської рибдільниці (ШВ № 1) була представлена особинами завдовжки 13-47 см. Дволітки складала 65,7 %, трьох-чотирьохлітки – 30,6 %, особини старшого віку (5-7 років) – 3,7 % улову. Середня довжина піленгаса в 2010 р. була 21 см, маса – 120 г, в 2011 р. – 30 см, маса – 350 г. У живленні дволіток переважав детрит (65-70 %), рослинні залишки, обростання. На 26-30 % їжа представлена зоопланктоном, в основному дафнією і циклопами. Їжа цього літка на 75-85 % складається з планктонних ракоподібних.

Карась в облікових зйомках 1998-1999 рр. представлений, в основному, статевозрілими особинами. Частка самців складала 30 %, самок – 70 %. Розмір карася коливався від 14 до 30 см, при середній довжині 21,7 см. Маса оглянутих особин варіювала від 90 до 800 г, в середньому – 400 г. При цьому, більше 50 % складали особини довжиною 19-25 см і масою 108-300 г. В 2011 р. розміри карася суттєво зменшилися, середня довжина не перевищувала 18,6 см, а маса – 219 г. Основна частина промислової популяції (60 %) була представлена двох-трьохлітками. Живлення карася змішане. У харчовій грудці зустрічається зоопланктон, бентос, детрит, рослинні залишки, що демонструє високу харчову пластичність цього виду, який легко переходить на живлення найбільш доступними кормовими організмами.

Судак в уловах 2009-2011 рр. зустрічався завдовжки від 36 до 56 см, при середній довжині – 44,8 см. Маса риб коливалася від 250 до 2200 г, в середньому становила 1187 г. Більше половини (50 %) улову складали 2-3-річні особини, решта частини популяції представлена 5 літніми екземплярами. Це різко відрізняється від уловів, що спостерігалися в 1998-1999 рр., тобто були майже відсутні дволітки, що складали основу популяції судака в попередні роки. Восени 1999 р. в уловах тралів і сіток масово зустрічалися цьогорітки судака, що не спостерігалося в 2009-2011 рр. Основу живлення судака у весняно-літні місяці складали цьогорітки піленгаса та бички, а восени – в основному бички.

Короп в уловах 2009-2011 рр. зустрічався поодиночі. Довжина виловлених екземплярів складала 32-73 см, маса 1100-9800 г. Маса виловлених особин товстолобика коливалася від 540 до 11400 г, довжина 36-87 см. Маса білого амура варіювала від 1680 до 5400 г, а довжина – 52-68 см.

У 2009-2011 рр. в промислових уловах Хаджибейського лиману зустрічалися бички. В основному це пісочник (68 %) і кругляк (32 %). Зеленчак, що в значній кількості зустрічався в 1999-2004 рр. верхній частині лиману – в нижніх водоймах гирлової ділянки р. Свинна (ШВ № 1 та № 2) та Палійовській затоці, тепер в уловах був повністю відсутній. Довжина кругляка коливалася від 10 до 18 см (середня – 15,2 см), а середня маса – 64 г. Довжина пісочника варіювала від 8 до 12 см (середня – 10,4 см), а середня маса становила 48 г.

5.5 Перспективи рибогосподарського використання водойм

Як було показано вище Хаджибейський лиман, у тому числі його верхня частина, в результаті господарської діяльності був перетворений на водойму-накопичувач (водосховище). Внаслідок цього лиман вже на початку нинішнього століття позбувся аборигенної іхтіофауни, а формування його

екосистеми та рибного населення в основному залежало від гідрохімічного й водного режимів, які головним чином створювалися штучно.

Іхтіофауна водойми формувалася і формується, до теперішнього часу, шляхом штучного зарибнення. У зв'язку з тим, що в лимані ведеться інтенсивний промисел, а природне відтворення з різних причин (скорочення площ нерестовищ, осолонення, вселення у водойму видів, нерест яких в цих умовах не можливий) малоефективне, рибопродуктивність лиману впродовж останніх 20 років прямо залежала від об'ємів і якості зарибнення.

На сьогодні Хаджибейський лиман та його верхня частина уявляють собою солонувато-водні водойми, що в рівній мірі придатне для нагулу деяких стійких до підвищеної солоності прісноводних і солонуватоводних видів риб.

До першої групи можна віднести карася, судака, сазана (коропа) і рослиноїдних риб. До другої – кефаль, камбалу глосу, бичків. Як показав досвід попередніх років всі перераховані види можуть бути перспективними об'єктами зарибнення для даних водойм. Найкращий варіант, це створення на базі Хаджибейського лиману та ШВ в гирловій ділянці р. Свинна спеціального рибного господарства зі змішаним складом іхтіофауни (прісноводної та солонуватоводної). Об'єми зарибнення водойм виходячи з сучасних можливостей кормової бази і з урахуванням харчової конкуренції можуть складати: 2,5-3,5 млн. екз. – молоді карася, 1-1,5 млн. екз. – коропа, 1,5-2,5 млн. екз. – білого товстолобика, 3,5-4,5 млн. екз. – кефалі піленгаса.

Крім цього, представляється доцільною реакліматизація у даних водоймах камбали глоси, яка може дати значну додаткову продукцію за рахунок використання малоцінних риб, в першу чергу бичка поматосхістуса і організмів зообентосу. Також перспективними об'єктами культивування в цих водоймах може служити російський осетер і бестер. Для підвищення рибопродуктивності водойм необхідно використовувати запаси цінних промислових риб, таких як бички, які на сьогодні промислом не використовуються, а запаси їх значні.

Поставлені задачі оптимізації рибогосподарського використання Хаджибейського лиману обов'язково повинні передбачати раціональне використання водойм його верхньої частини – Палійовської затоки та штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна, які є найважливішою складовою в формування біорізноманіття та високої рибопродуктивності лиману. Найважливішою задачею при цьому повинна стати реконструкція дамб і поновлення вільного водообміну між штучними рибогосподарськими водоймами, Палійовською затокою та відкритою акваторією лиману. Покращення гідролого-гідрохімічного режиму цієї частини водної екосистеми Хаджибейського лиману дозволить використовувати її, як природне нерестовище піленгаса, глоси, бичків і креветки тощо. В сполученні з поновленням роботи Палійовського риборозплідника, це дозволить забезпечити

Хаджибейський лиман достатніми об'ємами рибопосадкового матеріалу цінних об'єктів культивування (піленгаса, глоси, бичків і креветки тощо).

Іншим не менш привабливим і перспективним напрямком розвитку аквакультури у водоймах верхньої частини водної екосистеми Хаджибейського лиману може служити вирощування осетроподібних і камбали-калкана. Як показали попередні дослідження, при нормалізації водообміну і підтримці солоності води в межах 6-11 ‰, ці об'єкти цілком придатні для культивування.

Ще одним з перспективних аспектів використання водойм верхньої частини Хаджибейського лиману – Палійовської затоки та штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна, є будівництво тут системи штучних рифів. Формування біоти цих інженерних споруд дозволить не тільки значно збільшити чисельність і продукцію деяких видів риб, наприклад бичків, але й дозволить значно покращити екологічний стан всієї акваторії лиману. Формування на субстраті штучних рифів колоній двохстулкових молюсків (мідії, мітелястер й ін.) дозволить значно посилити очищення вод, крім того такий симбіоз буде сприяти підвищенню загальної кормності водойм.

6 ОЦІНКА ВПЛИВУ ВОДООБМІНУ З ПАЛІЙОВСЬКОЮ ЗАТОКОЮ НА ГІДРОЕКОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ ВІДОКРЕМЛЕНИХ ШТУЧНИХ ВОДОЙМ

Для оцінки впливу водообміну між Палійовською затокою та відгородженими від неї (греблями з шандорами) штучними водоймами ШВ № 1 і ШВ № 2 (рис. 6.1), використовувалась тривимірна нестационарна числова гідродинамічна модель, опис математичної структури якої наведений нижче.



Рисунок 6.1 – Схема розташування штучних водойм ШВ № 1 і ШВ № 2 та Палійовської затоки Хаджибейського лиману

6.1 Опис математичної структури гідродинамічної моделі

Вихідна система рівнянь моделі [164, 165] в наближенні Бусінеска в правій декартовій системі координат записується в такий спосіб:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + B_x^{-1} \frac{\partial B_x u u}{\partial x} + \frac{\partial u v}{\partial y} + \frac{\partial u w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + f v + B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} \left(2 B_x A_h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \\ + (1 - \beta_c) \frac{\partial}{\partial y} \left(A_h \left[\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right] \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \beta_c C_{ws} B_x^{-1} u |u|, \end{aligned} \quad (6.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v u}{\partial x} + B_y^{-1} \frac{\partial B_y v v}{\partial y} + \frac{\partial v w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} - f u + B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} \left(2 B_y A_h \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \\ + (1 - \beta_c) \frac{\partial}{\partial x} \left(A_h \left[\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right] \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial v}{\partial z} \right) - \beta_c C_{ws} B_y^{-1} v |v|, \end{aligned} \quad (6.2)$$

рівняння нерозривності:

$$B_x^{-1} \frac{\partial B_x u}{\partial x} + B_y^{-1} \frac{\partial B_y v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad (6.3)$$

рівняння збереження солей:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} \left(B_x u S - B_x D_h \frac{\partial S}{\partial x} \right) + B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} \left(B_y v S - B_y D_h \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(w S - D_v \frac{\partial S}{\partial z} \right) = 0, \quad (6.4)$$

рівняння гідростатики:

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -g \rho, \quad (6.5)$$

де u, v, w – компоненти вектора швидкості течій \vec{v} у напрямках x, y та z , відповідно;

t – час;

P – тиск;

f – параметр Кориоліса;

A_h, A_v – коефіцієнти горизонтальної і вертикальної турбулентності, відповідно;

$\rho_0 = \text{const}$ – густина води;

g – прискорення вільного падіння;

S – солоність води;

D_h і D_v – коефіцієнти горизонтальної і вертикальної дифузії, відповідно;

B_x і B_y – безрозмірна, відносно розміру осередку розрахункової сітки, ширина потоку в напрямках x та y , відповідно;

β_c – множник, що приймає значення 0 чи 1;

C_{ws} – коефіцієнт бічного тертя об стінки каналу.

Система рівнянь (6.1)-(6.5) відрізняється від традиційної наявністю множників $(1-\beta_c)$, B_x та B_y в рівняннях (6.1)-(6.4) і останнього члена в правій частині рівнянь (6.1)-(6.2), що описує бічне тертя о стінки вузького каналу. У такій модифікації модель дозволяє розраховувати течії та перенос характеристик в водотоках, що мають підсіточний масштаб в одному з горизонтальних напрямків (ширина потоку менше масштабу розрахункової сітки).

Приведена система отримана з традиційної в такий спосіб. Традиційна вихідна система рівнянь інтегрувалася поперек потоку (тобто в нормальному до потоку напрямку в горизонтальній площині). Межі інтегрування визначають ширину потоку (річки, каналу).

Інтегрування виконувалося відповідно до [164, 166-168]. При цьому покладалося, що ширина потоку B не змінюється в часі і по глибині, а також, що швидкість потоку не змінюється в поперечному напрямку. Потім отримана система рівнянь порівнювалася з вихідною. Обидві системи поєднувалися так, щоб при відсутності каналу виходила вихідна система рівнянь у традиційній формі, а при його наявності – осереднені поперек потоку рівняння (6.1)-(6.4).

Відповідно до вищесказаного, у рівняннях (6.1)-(6.4) множник β_c дорівнює нулю, якщо канал відсутній, і одиниці – у випадку наявності каналу. Рівняння (6.1)-(6.4) автоматично переходять у традиційні рівняння, якщо покласти $\beta_c = 0$ та $B_x = B_y = 1$.

При числовій реалізації приведеної вище системи рівнянь переходять до криволінійної по вертикалі системи координат (σ -системі), що, з одного боку, поліпшує обчислювальні властивості моделі, а з іншого боку – дозволяє більш точно описати вертикальну динамічну і халинну структуру вод в області малих глибин. Для цього використовується спрямляюче перетворення дна виду:

$$\sigma = (h - z)/H; \quad H = h + d, \quad (6.6)$$

де σ – нова координата, що змінюється від поверхні до дна в межах $[0, -1]$;

H – повна локальна глибина;

d – глибина при незбуреному рівні водойми;

h – відхилення рівня водойми від його незбуреного стану.

Рівняння руху в x, y, σ -системі координат приймають вигляд:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial H u}{\partial t} + B_x^{-1} \left(\frac{\partial H B_x u u}{\partial x} \right) + \frac{\partial H u v}{\partial y} + \frac{\partial u \tilde{w}}{\partial \sigma} = -g H \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x} + f H v + \\ & + B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} \left(2 H B_x A_h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + (1 - \beta_c) \frac{\partial}{\partial y} \left(A_h H \left[\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right] \right) + H^{-1} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(A_v \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) - \\ & - \beta_c C_{ws} H B_x^{-1} |u| |u|, \end{aligned} \quad (6.7)$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial H v}{\partial t} + \frac{\partial H v u}{\partial x} + B_y^{-1} \frac{\partial (H B_y v w)}{\partial y} + \frac{\partial (v \tilde{w})}{\partial \sigma} = -g H \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} - f H u + \\
& + B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} \left(2 H B_y A_h \frac{\partial v}{\partial y} \right) + (1 - \beta_c) \frac{\partial}{\partial x} \left(A_h H \left[\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right] \right) + H^{-1} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(A_v \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) - \\
& - \beta_c C_{ws} H B_y^{-1} v |v|,
\end{aligned} \tag{6.8}$$

де

$$\tilde{w} = H \frac{\partial \sigma}{\partial t} = w - (1 + \sigma) \frac{\partial h}{\partial t} - u \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \sigma \frac{\partial H}{\partial x} \right) - v \left(\frac{\partial h}{\partial y} + \sigma \frac{\partial H}{\partial y} \right). \tag{6.9}$$

Рівняння нерозривності:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} (H B_x u) + B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} (H B_y v) + \frac{\partial \tilde{w}}{\partial \sigma} = R - E, \tag{6.10}$$

де R , E - інтенсивність опадів і випару, відповідно.

Рівняння збереження солей:

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial H S}{\partial t} + B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} \left(B_x H \left[u S - D_h \frac{\partial S}{\partial x} \right] \right) + B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} \left(B_y H \left[v S - D_h \frac{\partial S}{\partial y} \right] \right) + \\
& + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\tilde{w} S - H^{-1} D_v \frac{\partial S}{\partial \sigma} \right) = 0,
\end{aligned} \tag{6.11}$$

6.2 Метод рішення гідродинамічної задачі

Метод рішення гідродинамічної задачі передбачає розщеплення повної швидкості течій на середню по глибині швидкість (баротропна складова) і відхилення від неї на кожному розрахунковому рівні (бароклинна складова). Це дозволяє використовувати при числовому рішенні рівнянь динаміки різні часові кроки для баротропної і бароклинної складових горизонтальної швидкості течій, оскільки перша зв'язана з коливаннями рівня водойми і змінюється більш швидко, ніж друга.

Компоненти баротропної складової швидкості течій визначаються як

$$U = \int_{-1}^0 u d\sigma \quad \text{та} \quad V = \int_{-1}^0 v d\sigma, \tag{6.12}$$

а проінтегровані по вертикалі рівняння руху мають вид:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial HU}{\partial t} + B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} (HB_x \theta_{uu} UU) + \frac{\partial}{\partial y} (H \theta_{uv} UV) = -gH \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x} + fHV + \\
+ B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} \left(2A_h HB_x \frac{\partial U}{\partial x} \right) - (1 - \beta_c) \frac{\partial}{\partial y} \left(A_h H \left[\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial y} \right] \right) + \tau_{sx} - \tau_{bx} - \\
- \beta_c C_{ws} B_y^{-1} H \theta_{su} U|U|,
\end{aligned} \quad (6.13)$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial HV}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (H \theta_{uv} UV) + B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} (HB_y \theta_{vv} VV) = -gH \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} - fHU + \\
+ B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} \left(2A_h HB_y \frac{\partial V}{\partial y} \right) + (1 - \beta_c) \frac{\partial}{\partial x} \left(A_h H \left[\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial y} \right] \right) + \tau_{sy} - \tau_{by} - \\
- \beta_c C_{ws} B_y^{-1} H \theta_{sv} V|V|,
\end{aligned} \quad (6.14)$$

де $\theta_{uu} = \int_{-1}^0 \frac{uu}{UU} d\sigma$, $\theta_{uv} = \int_{-1}^0 \frac{uv}{UV} d\sigma$, $\theta_{vv} = \int_{-1}^0 \frac{vv}{VV} d\sigma$, $\theta_{su} = \int_{-1}^0 \left(\frac{u}{U} \right) \frac{u}{U} d\sigma$,

$$\theta_{sv} = \int_{-1}^0 \left(\frac{v}{V} \right) \frac{v}{V} d\sigma.$$

Рівняння нерозривності для баротропної складової:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} (B_x HU) + B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} (B_y HV) = R - E. \quad (6.15)$$

Бароклінні компоненти вектора швидкості визначаються як відхилення від середньої по глибині швидкості: $u' = u - U$ та $v' = v - V$, а рівняння для них одержують вирахуванням рівнянь для баротропної складової швидкості з рівнянь для повної швидкості:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial Hu'}{\partial t} + B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} (B_x H[uu - \theta_{uu} UU]) + \frac{\partial}{\partial y} (H[uv - \theta_{uv} UV]) + \frac{\partial \tilde{w}u'}{\partial \sigma} = fHv' + \\
+ B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} \left(2A_h HB_x \frac{\partial u'}{\partial x} \right) + (1 - \beta_c) \frac{\partial}{\partial y} \left(A_h H \left[\frac{\partial v'}{\partial x} + \frac{\partial u'}{\partial y} \right] \right) + H^{-1} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(A_v \frac{\partial u'}{\partial \sigma} \right) - \tau_{sx} + \tau_{bx} - \\
- \beta C_{ws} HB_x^{-1} (u|u| - \theta_{su} U|U|),
\end{aligned} \quad (6.16)$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial Hv'}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (H[uv - \theta_{uv} UV]) + B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} (B_y H[vv - \theta_{vv} VV]) + \frac{\partial \tilde{w}v'}{\partial \sigma} = -fHu' + \\
+ B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} \left(2A_h HB_y \frac{\partial v'}{\partial y} \right) + (1 - \beta_c) \frac{\partial}{\partial x} \left(A_h H \left[\frac{\partial v'}{\partial x} + \frac{\partial u'}{\partial y} \right] \right) + H^{-1} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(A_v \frac{\partial v'}{\partial \sigma} \right) - \tau_{sy} + \tau_{by} - \\
- \beta C_{ws} HB_y^{-1} (v|v| - \theta_{sv} V|V|),
\end{aligned} \quad (6.17)$$

Рівняння нерозривності для бароклинної складової:

$$B_x^{-1} \frac{\partial}{\partial x} (B_x H u') + B_y^{-1} \frac{\partial}{\partial y} (B_y H v') + H^{-1} \frac{\partial \tilde{w}}{\partial \sigma} = 0. \quad (6.18)$$

Кінцево-різницева апроксимація рівнянь моделі виконувалася з використанням неявних кінцево-різницевих схем. Зокрема, при апроксимації диференціальних рівнянь для компонентів баротропної складової швидкості течій і рівня води, використовувався метод перемінних напрямків Аббота [169]. У рівнянні (6.11) для опису горизонтального переносу застосовувалася числова схема FCT [170, 171], а для вертикального – TVD [170]. Числові реалізації інших рівнянь моделі є оригінальними і докладно описані в [164, 172].

6.3 Параметризації

Вертикальна турбулентна в'язкість описується на основі напівемпіричної теорії турбулентності з використанням довжини шляху змішування. Миттєва в'язкість визначається як функція довжини шляху змішування, локального вертикального зсуву швидкості та стійкості водяного стовпчика в такий спосіб:

$$\begin{aligned} A_v &= A_{v0} + A_z \left[C_{R0} (1 + C_{R1} R_i)^{-C_{R2}} \right], \\ D_v &= D_{v0} + A_z \left[C_{R3} (1 + C_{R4} R_i)^{-C_{R5}} \right], \end{aligned} \quad (6.19)$$

$$\text{де } A_z = [kz(1-z/H)]^2 \left(\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right)^{1/2}, \quad R_i = -g \frac{\partial \rho}{\partial z} / \left[\rho_0 \left(\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right) \right] = 0.$$

Тут $\kappa = 0.4$ – постійна Кармана; A_{v0} – гранична в'язкість; D_{v0} – гранична дифузія; R_i – число Річардсона; $C_{R0}, C_{R1}, C_{R2}, C_{R3}, C_{R4}$ та C_{R5} – константи, прийняті рівними 1,0; 10,0; 0,5; 1,0; 3,33 та 1,5, відповідно [173].

Коефіцієнти горизонтального турбулентного обміну розраховуються виходячи із значення локального зсуву горизонтальної швидкості та просторового кроку горизонтальної кінцево-різницевої сітки ΔL [174]:

$$A_h = A_{h0} + C_{AH} \Delta L^2 \left[2 \left(\left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 \right) + \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right)^2 \right]^{1/2}; \quad D_h = A_h, \quad (6.20)$$

де коефіцієнт $C_{AH} = 0,01$ та $A_{h0} = 1.0 \text{ м}^2/\text{с}$ – фонове значення.

6.4 Граничні та початкові умови

Граничні умови на поверхні водойми визначаються в такий спосіб:

$$\tau_{sx} = A_v \frac{\partial u'}{\partial z} \text{ та } \tau_{sy} = A_v \frac{\partial v'}{\partial z}; D_v \frac{\partial S}{\partial z} = 0. \quad (6.21)$$

На дні:

$$\tau_{bx} = A_v \frac{\partial u'}{\partial z} \text{ і } \tau_{by} = A_v \frac{\partial v'}{\partial z}; D_v \frac{\partial S}{\partial z} = 0. \quad (6.22)$$

В рівняннях (6.21) та (6.22): τ_{sx}, τ_{sy} – компоненти вектора дотичного напруження тертя вітру; τ_{bx}, τ_{by} – компоненти вектора дотичного напруження придонного тертя.

Вітрові напруги тертя на верхній межі (повітря-вода) записуються як

$$\tau_{sx} = C_a W_{10} W_x, \quad (6.23)$$

$$\tau_{sy} = C_a W_{10} W_y,$$

де W_x й W_y – складові вектора швидкості вітру на висоті 10 м над рівнем води у водоймі по осях x та y , відповідно;

W_{10} – модуль швидкості вітру на висоті 10 м;

C_a – коефіцієнт поверхневого тертя:

$$C_a = \begin{cases} 1,2 \cdot 10^{-3}, & W_{10} \leq 7,5 \text{ м/с,} \\ (0,8 + 0,065 W_{10}) \cdot 10^{-3} & W_{10} > 7,5 \text{ м/с.} \end{cases}$$

Придонні напруги тертя на нижній границі (вода-дно):

$$\tau_{bx} = \Phi u_b \text{ і } \tau_{by} = \Phi v_b, \text{ де } \Phi = C_b (u_b^2 + v_b^2)^{1/2}, \quad (6.24)$$

де u_b та v_b – складові вектора придонної швидкості течії;

C_b – коефіцієнт донного тертя, який знаходиться за формулою

$$C_b = \max(k^2 [\ln(z_b/z_{os})]^{-2}, 2,5 \cdot 10^{-3}), \quad (6.24a)$$

де z_b – відстань по вертикалі від дна до точки, в якій визначається коефіцієнт;

$z_{os} = 0,003$ м – параметр шорсткості донної поверхні;

$k = 0,4$ – постійна Кармана.

В точках впадіння річок задаються витрати води Q_r , а також вертикальні профілі бароклінної швидкості та солоності:

$$U = Q_r / (B_x \Delta L H); \quad V = Q_r / (B_y \Delta L H); \quad u' = u_{\text{top}} \cos(\pi z / H); \quad v' = v_{\text{top}} \cos(\pi z / H); \quad (6.25)$$

$$S = S_{\text{top}} + (S_{\text{top}} - S_{\text{bot}}) [(1 - \cos(\pi z / H))].$$

Тут, ΔL – розмір осередку розрахункової сітки; величини з індексом «top» відповідають поверхневому шару води, тоді як з індексом «bot» – придонному.

Як початкові умови приймався стан спокою:

$$U = V = u' = v' = w = 0; \quad A_h = A_{h0}, \quad A_v = A_{v0}, \quad D_v = D_{v0}. \quad (6.26)$$

Програмна реалізація моделі має блок засвоєння інформації про швидкість і напрямок вітру, коливання рівня води на відкритій «рідкій» границі.

6.5 Постановка задачі, вихідні данні та умови модельних розрахунків

Після відкриття шандорів в греблях влітку 2011 р. відбулося первинне наповнення ШВ № 1 і ШВ № 2 під дією гідравлических факторів, в результаті чого осереднені за проміжки часу у декілька діб відмітки рівня води в Хабжибейському лимані, Палійовській затоці і штучних водоймах зрівнялися між собою. Надалі, за умовою що пропускна здібність шандорів збережеться, водообмін і водовідновлення штучних водойм буде визначатися інтенсивністю сезонних та ініційованих вітром згінно-нагінних коливань рівня води в Хаджибейському лимані та Палійовській затоці.

Мета даного розділу полягала в оцінці можливих сезонних змін гідроекологічного стану штучної рибогосподарської водойми Регіонального дослідно-експериментального комплексу (ШВ № 1) та ШВ № 2, яка примикає до неї на півночі, за умови стабільного середньосезонного рівня води в лимані, під впливом ініційованих вітром згінно-нагінних коливань. У якості показника інтенсивності водовідновлення штучних водойм, за рахунок водообміну з лиманом, та загального їх гідроекологічного стану розглядалася динаміка солоності води в цих водоймах.

Для визначення мінливості рівня води у Палійовській затоці під впливом вітрових умов, попередньо, за допомогою моделі виконувались розрахунки для акваторії всього Хаджибейського лиману.

Акваторія лиману покривалася горизонтальною розрахунковою сіткою 41×73 вузла з кроком 500 м. Глибини в лимані задавалися відповідними відмітці рівня води 1,1 та 1,5 м БС (рис. 6.2).

Розрахунок мінливості баротропних течій та, обумовлених ними, коливань рівня води у лимані виконувався за вітрових умов в період з 1 червня по 31 вересня 2011 р. та 2001 рр. при середньосезонних відмітках рівня води в лимані 1,1 та 1,5 м БС. Часова мінливість швидкості й напрямку вітру задавалася за даними спостережень на ГМС «Одеса-Порт» з дискретністю 6 год. Залучення до модельних розрахунків даних щодо мінливості вітрових умов у 2001 р. викликано тим, що влітку 2011 р. домінували аномально слабкі вітри зі швидкістю 1-3 м/с.

Отриманні при розрахунках ряди відхилень рівня води в Палійовській затоці (біля дамби з шандорами, яка відокремлює ШВ № 1 від затоки) від незбуреного стану при різних середньосезонних відмітках рівня води в лимані (рис. 6.3 та 6.4) використовувались для завдання граничних умов на відкритій водній границі розрахункової області (рис. 6.5) при моделюванні гідродинамічних процесів і мінливості солоності вод в ШВ № 1 і ШВ № 2.

З рис. 6.3 та 6.4 видно, що ініційовані вітром згінно-нагінні коливання рівня води в Хаджибейському лимані за вітрових умов 2001 р. значно перевищують за амплітудою коливання рівня води у 2011 р. Крім того, інтенсивність згінно-нагінних коливань рівня води в Палійовській затоці значно менша, ніж у південного узбережжя Хаджибейського лиману (в районі водомірного поста в с. Усатове), що цілком закономірно й обумовлено морфометричними характеристиками лиману в цілому.

При модельних розрахунках динаміки та мінливості солоності вод в штучних водоймах ШВ № 1 і ШВ № 2, з урахуванням водообміну між ШВ № 1 та Палійовською затокою через шандори у дамбі (загальна ширина водопропускних отворів 25 м, відміткою дна отворів 1,0 м БС) та водообміну між ШВ № 1 і ШВ № 2 через шандори та канал (ширина 3,4 м, відміткою дна 0,7 м БС), досліджувана акваторія (рис. 6.5) покривалася горизонтальною розрахунковою сіткою 21×25 вузлів з кроком 250 м. Використовувалися 6 розрахункових рівнів по вертикалі в σ -системі координат. Глибини у водоймі задавалися відповідними відміткам рівня води 1,1 та 1,5 м БС. Враховувалася мінливість відмітки рівня і солоності води у водоймах за рахунок різниці «випаровування-атмосферні опади» (табл. 6.1).

Середні багаторічні місячні суми атмосферних опадів задавалися за даними м/ст. Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр. Випаровування з водної поверхні лиману задавалося на основі усереднених за період 1960-2007 рр. середньомісячних даних спостережень на прісному оз. Ялпуг (м/ст. Болград).

Ці величини приводилися до солоності морської води 15 ‰ з використанням перехідного коефіцієнта 0,95.

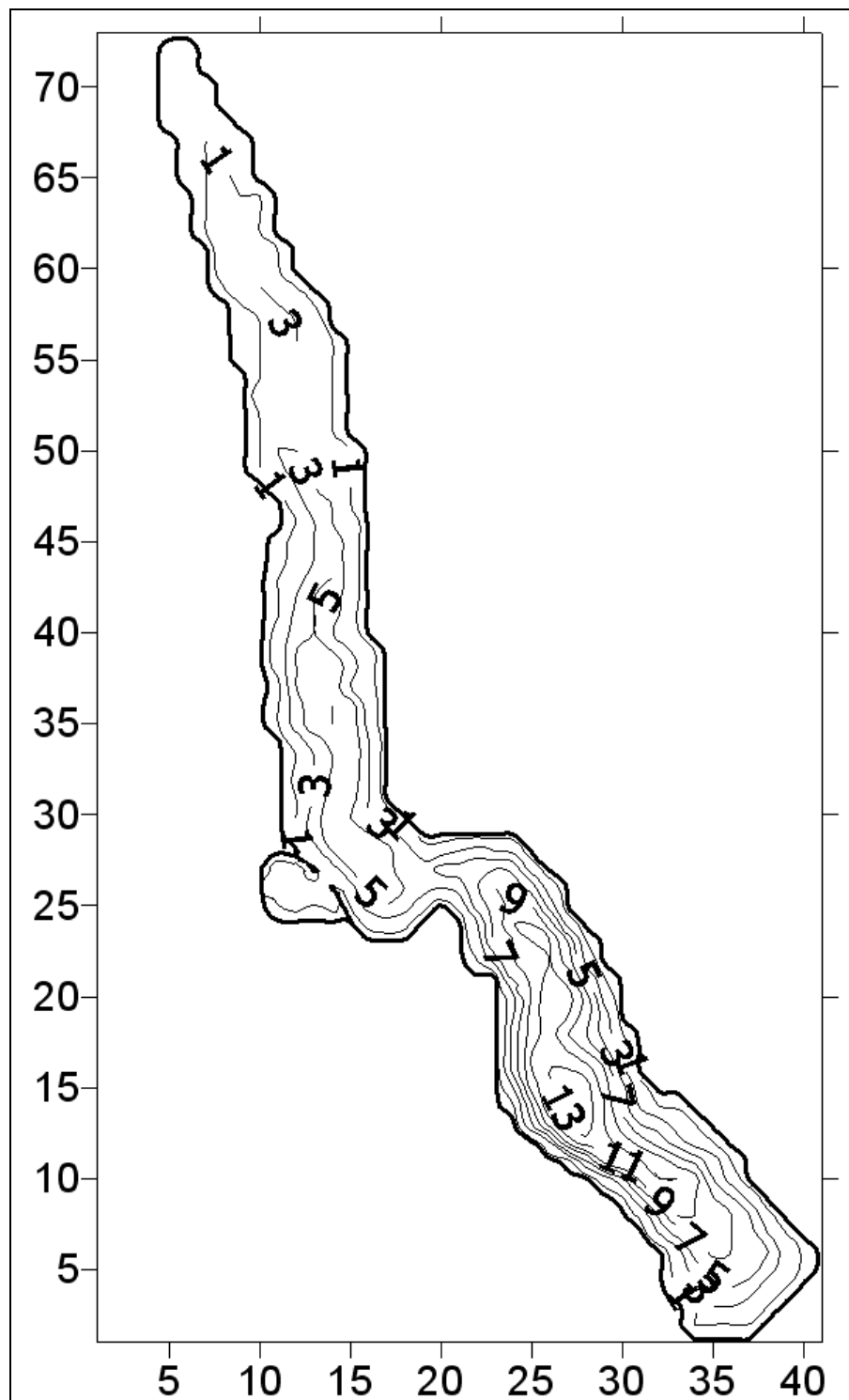


Рисунок 6.2 – Батиметрична карта Хаджибейського лиману (глибини в метрах, відмітка рівня води 0,6 м БС, по осях координат вказані номери вузлів розрахункової сітки з просторовим шагом 500 м)

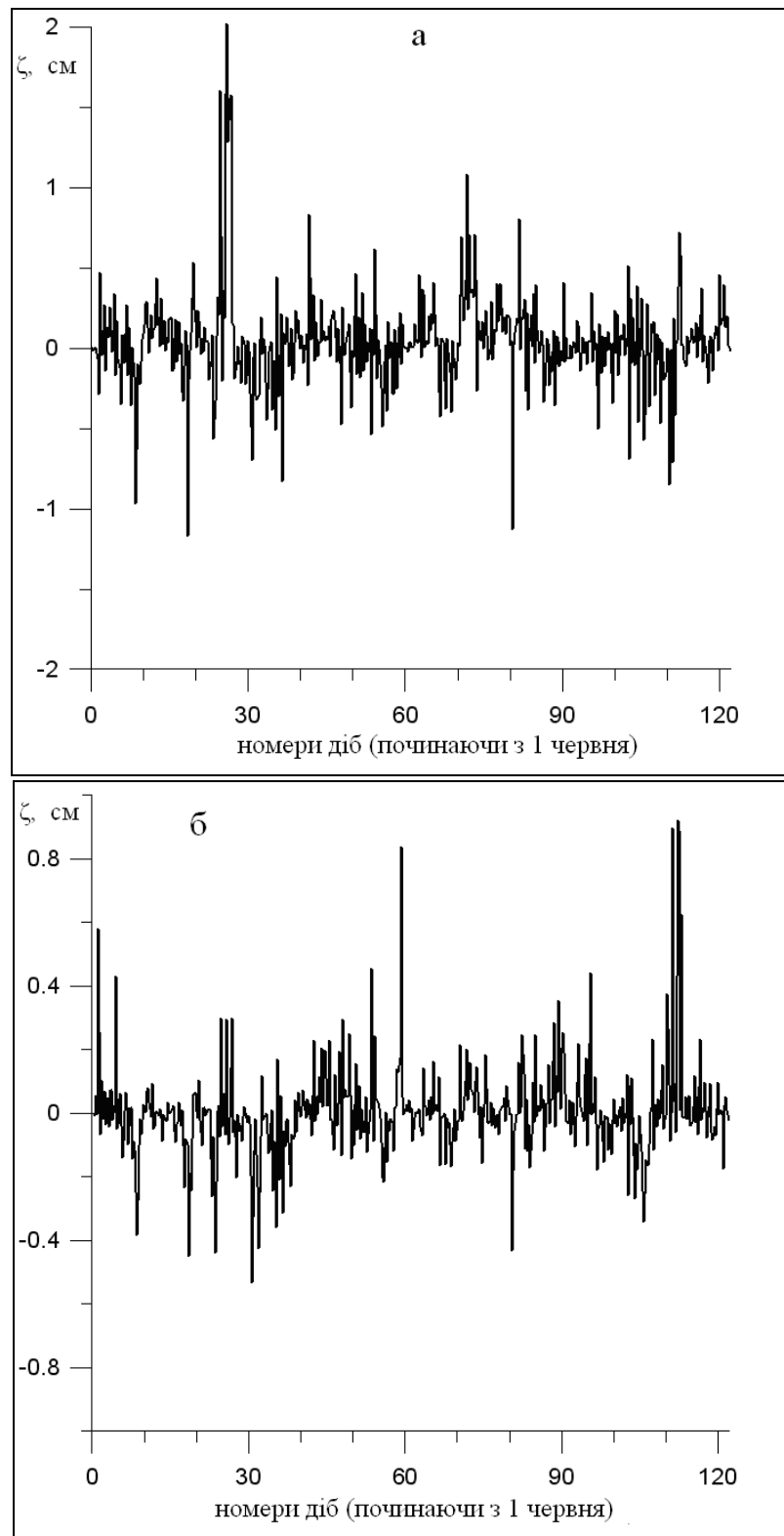


Рисунок 6.3 – Розрахована за моделлю часова мінливість ініційованих вітром відхилень рівня води в лимані від незбуреного стану (при відмітці рівня води 1,1 м БС) в період з 01.06.2011 р. по 30.09.2011 р.:
 а) у південного узбережжя лиману (район с. Усатове);
 б) в Палійовській затоці перед дамбою ШРГВ (ШВ № 1)

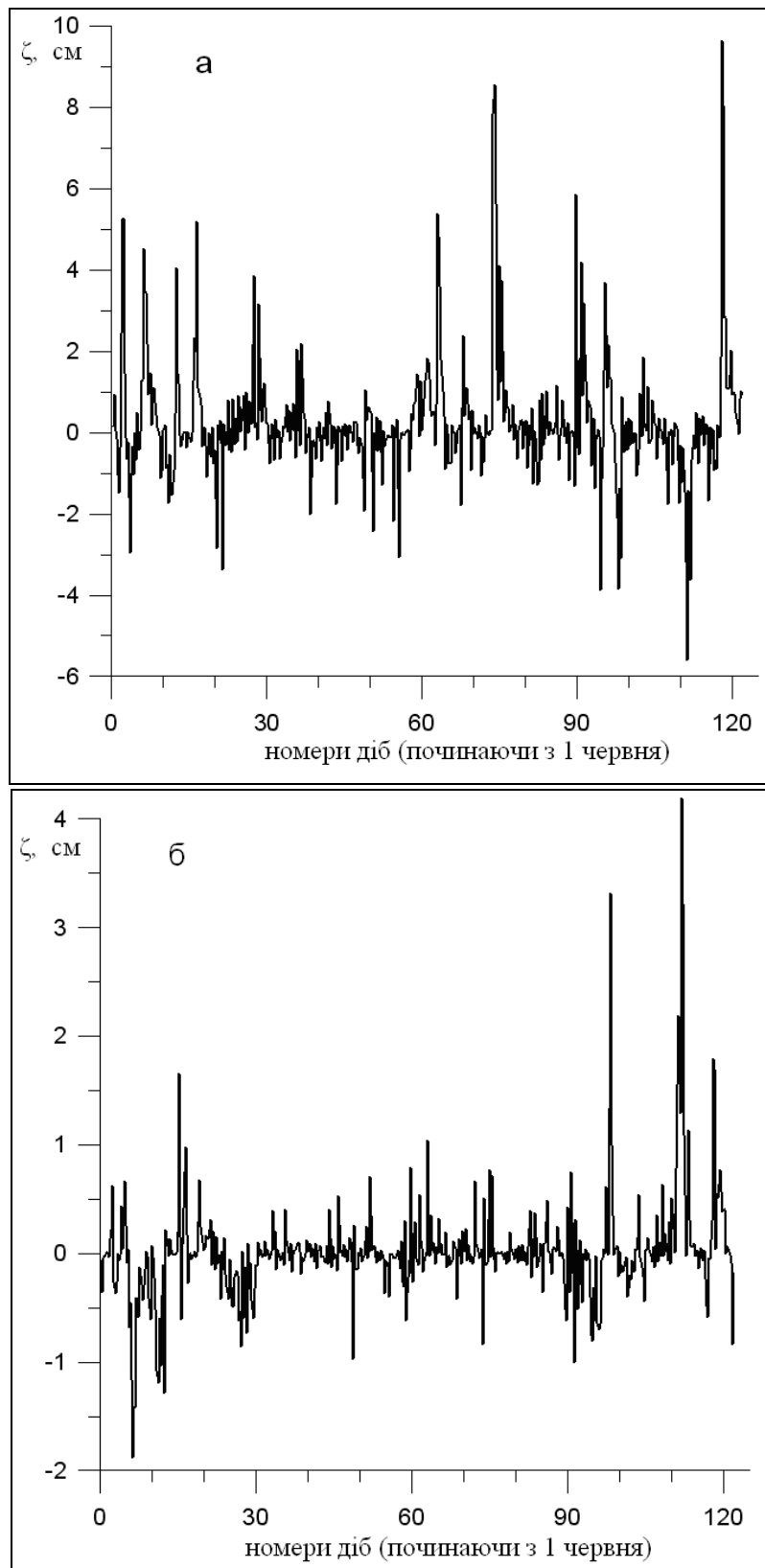


Рисунок 6.4 – Розрахована за моделлю часова мінливість ініційованих вітром відхилень рівня води в лимані від незбуреного стану (при відмітці рівня води 1,1 м БС) в період з 01.06.2001 р. по 30.09.2001 р.:
 а) у південного узбережжя лиману (район с. Усатове);
 б) в Палійовській затоці перед дамбою ШРГВ (ШВ № 1)

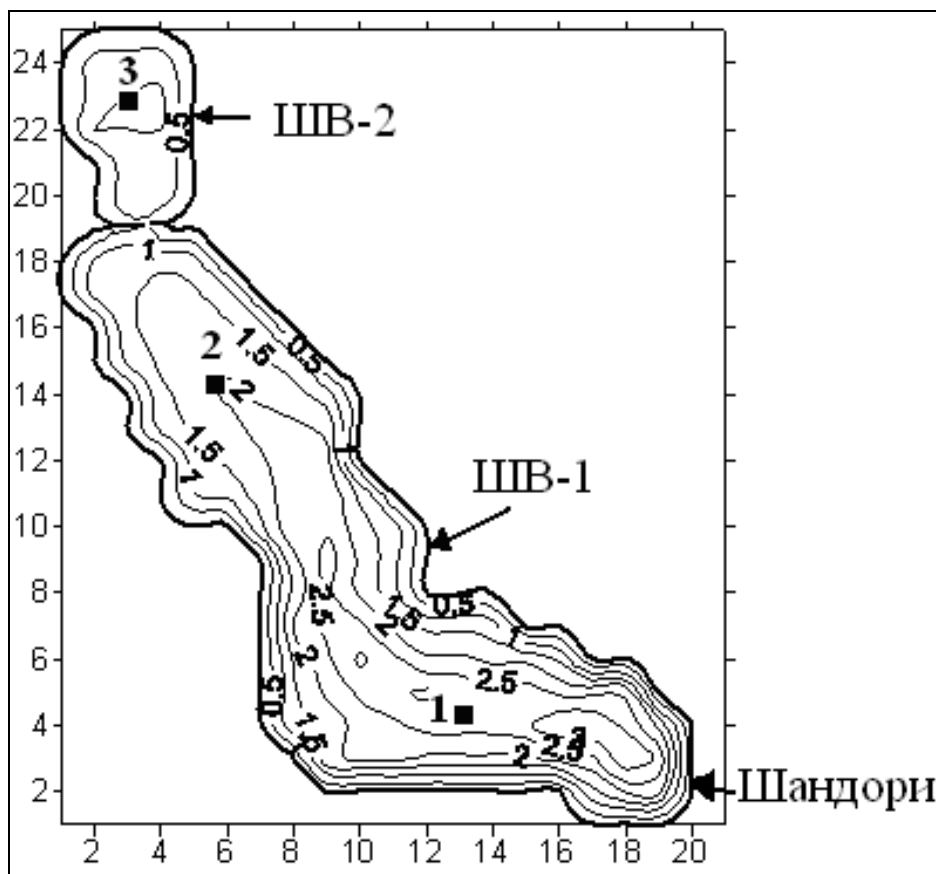


Рисунок 6.5 – Батиметрична карта розрахункової області штучних водойм ШВ № 1 (рибогосподарська водойма) і ШВ № 2, які примикають до Палійовської затоки Хаджибейського лиману (глибини приведені в метрах, відмітка рівня води 1,5 м БС, по осях координат вказані номери вузлів розрахункової сітки з просторовим шагом 250 м):

- – реперні точки на акваторії водойм, у яких аналізується отримана в модельних розрахунках мінливість солоності води (див. рис. 6.5)

Таблиця 6.1 – Середні за багаторічні періоди величини випаровування та атмосферних опадів за місяцями року, використанні в модельних розрахунках

Місяці	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Атмосферні опади, мм (1894-2008 рр.)	31	30	26	28	35	47	40	35	35	33	37	34
Випаровування, мм (1960-2007 рр.)	–	–	41	62	100	125	144	133	92	55	22	–

6.6 Обговорення результатів модельних розрахунків

На рис. 6.6-6.8 приведені окремі результати розрахунків вітрових течій на акваторії штучної рибогосподарської водойми Регіонального дослідно-експериментального комплексу (ШВ № 1) при стаціонарних вітрах різних напрямків швидкістю 5 м/с за умови відсутності водообміну з Палійовською затокою та ШВ № 2. Розрахунки виконані для з'ясування особливостей вітрової циркуляції вод у ШВ № 1. Видно, що вітрова циркуляція вод в ШВ № 1 має досить складну просторову структуру, особливості якої визначаються морфологічною структурою водойми та напрямком вітру.

При подовжніх північних, південних, південно-східних і північно-західних вітрах відзначається інтенсифікація вздовжберегових течій, спрямованих за вітром, та протилежно спрямованого впродовж ложа водойми градієнтного потоку в придонному шарі. При поперечних відносно повздовжньої вісі водойми вітрах в південній, центральній і північній її частинах формуються вихорові осередки, які перешкоджають водообміну між ними. Зазначимо, що при вітрах, спрямованих протилежно тим, для яких наведені результати моделювання течій, характер циркуляції вод змінюється на протилежний, із збереженням просторової структури.

В основній серії чисельних експериментів моделювалася мінливість солоності води в штучних водоймах з урахуванням водообміну через шандори, змін рівня води за рахунок дисбалансу «атмосферні опади-випаровування», при середніх відмітках рівня води в лимані 1,1 та 1,5 м БС.

На рис. 6.9 та 6.10 приведена мінливість витрат води через шандори, одержана при моделюванні для вітрових умов літа 2011 р. при різних відмітках рівня води в лимані. Визначено, що при підвищенні середньої відмітки рівня води в лимані, Палійовський затоці та штучних водоймах, інтенсивність водообміну через шандори також збільшується. Водообмін через шандори в греблі між ШВ № 1 і ШВ № 2 значно менший ніж через шандори й канал в дамбі між Палійовською затокою та ШВ № 1, що обумовлено відмінністю морфометричних характеристик шандорів.

При середній відмітці рівня води в лимані 1,5 м БС, максимальні значення витрат води через шандори між Палійовською затокою та ШВ № 1 можуть досягати 1,0-1,2 м³/с, тоді як між ШВ № 1 і ШВ № 2 – не перевищують 0,5 м³/с. При зниженні відмітки рівня води в лимані до 1,1 м БС, максимальні значення витрат води через шандори між Палійовською затокою та ШВ № 1 зменшуються до 0,4 м³/с, а між ШВ № 1 і ШВ № 2 – до 0,25 м³/с.

Значне посилення водообміну між Палійовською затокою і штучними водоймами спостерігається при інтенсифікації вітрової діяльності влітку, як це мало місце у 2001 р. (рис. 6.11).

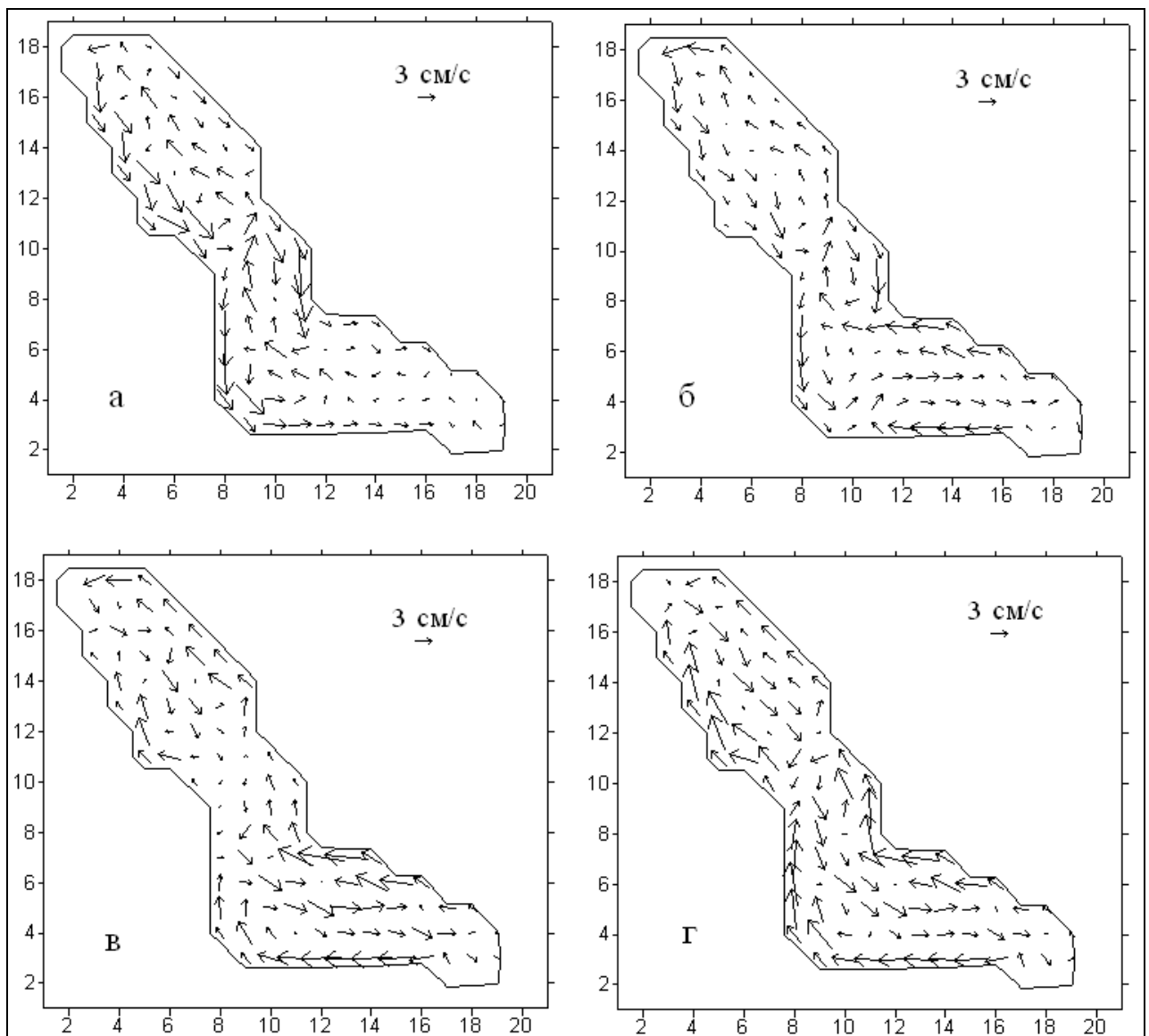


Рисунок 6.6 – Поле векторів баротропних (середніх за глибиною) течій, см/с, у ШВ № 1, при стаціонарних вітрах швидкістю 5 м/с наступних напрямків:
 а) північному; б) північно-східному;
 в) східному; г) південно-східному

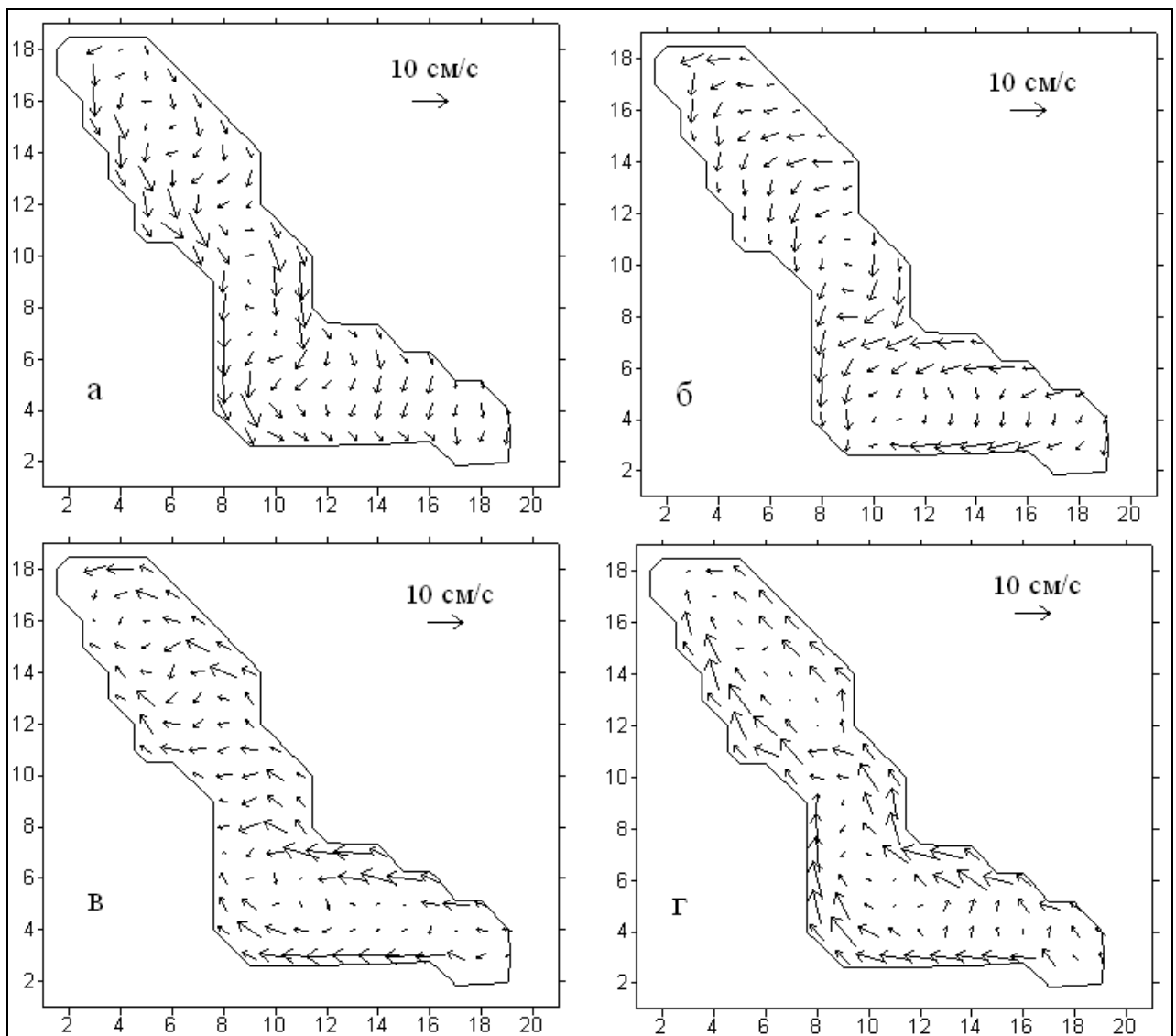


Рисунок 6.7 – Поле векторів поверхневих течій, см/с, у ШВ № 1, при стаціонарних вітрах швидкістю 5 м/с наступних напрямків:
 а) північному; б) північно-східному;
 в) східному; г) південно-східному

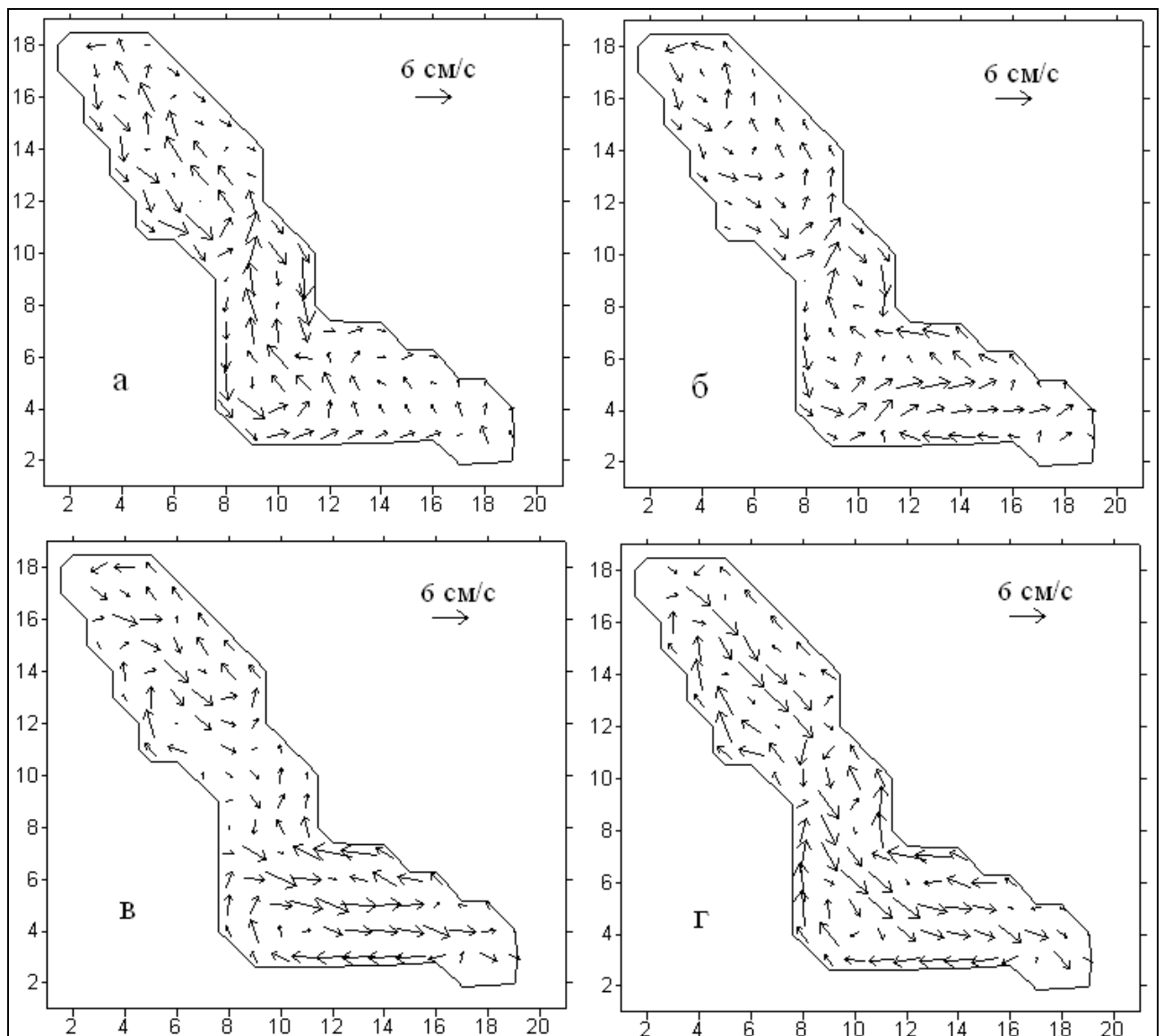


Рисунок 6.8 – Поле векторів придонних течій, см/с, у ШВ № 1, при стаціонарних вітрах швидкістю 5 м/с наступних напрямків:
 а) північному; б) північно-східному;
 в) східному; г) південно-східному

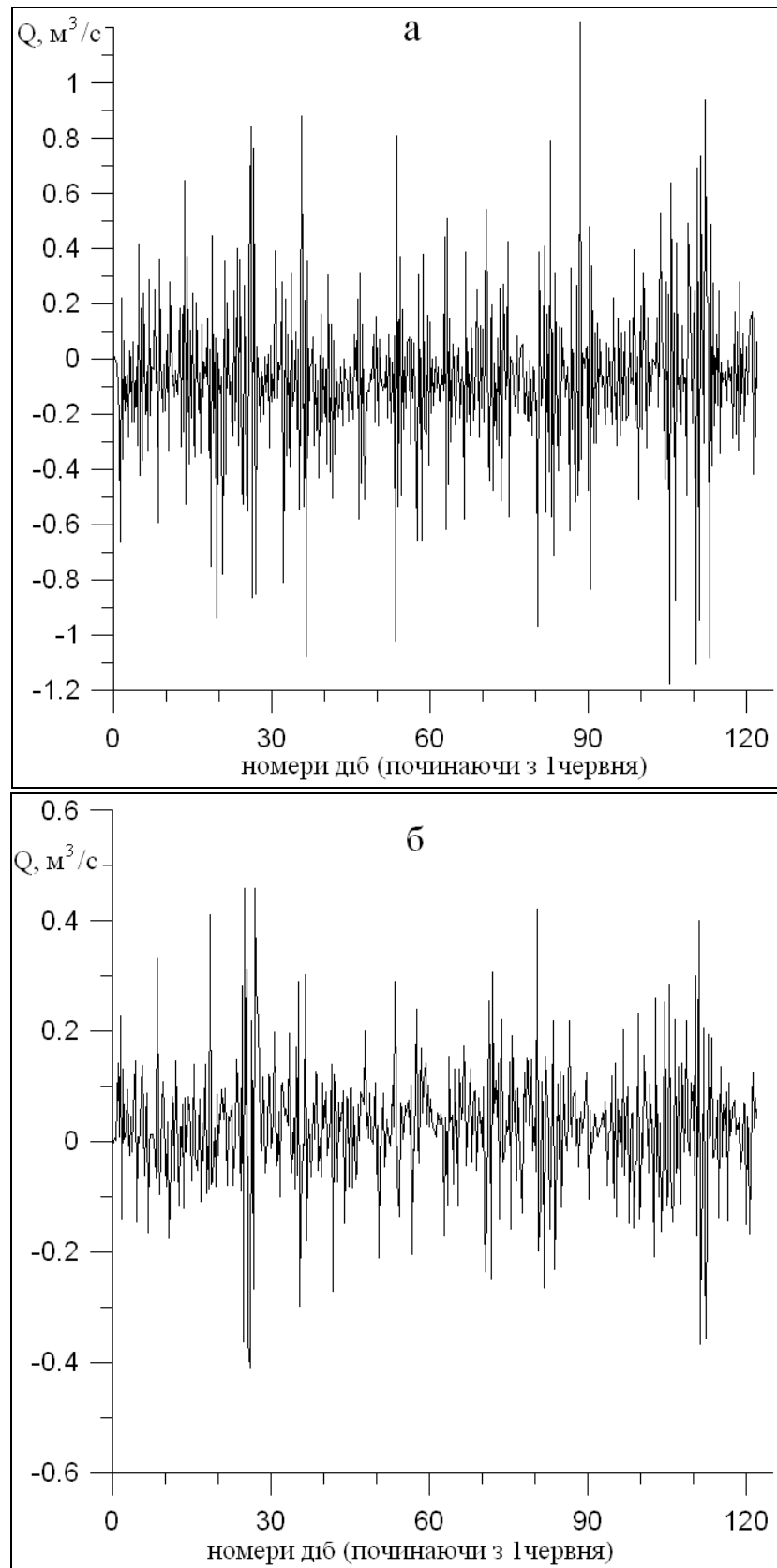


Рисунок 6.9 – Отримана при моделюванні мінливість витрат води через водопропускні споруди дамб між Палійовською затокою і ШВ № 1 (а) та між ШВ № 1 і ШВ № 2 (б), за вітрових умов 2011 р. (середня відмітка рівня води в лимані 1,5 м БС)

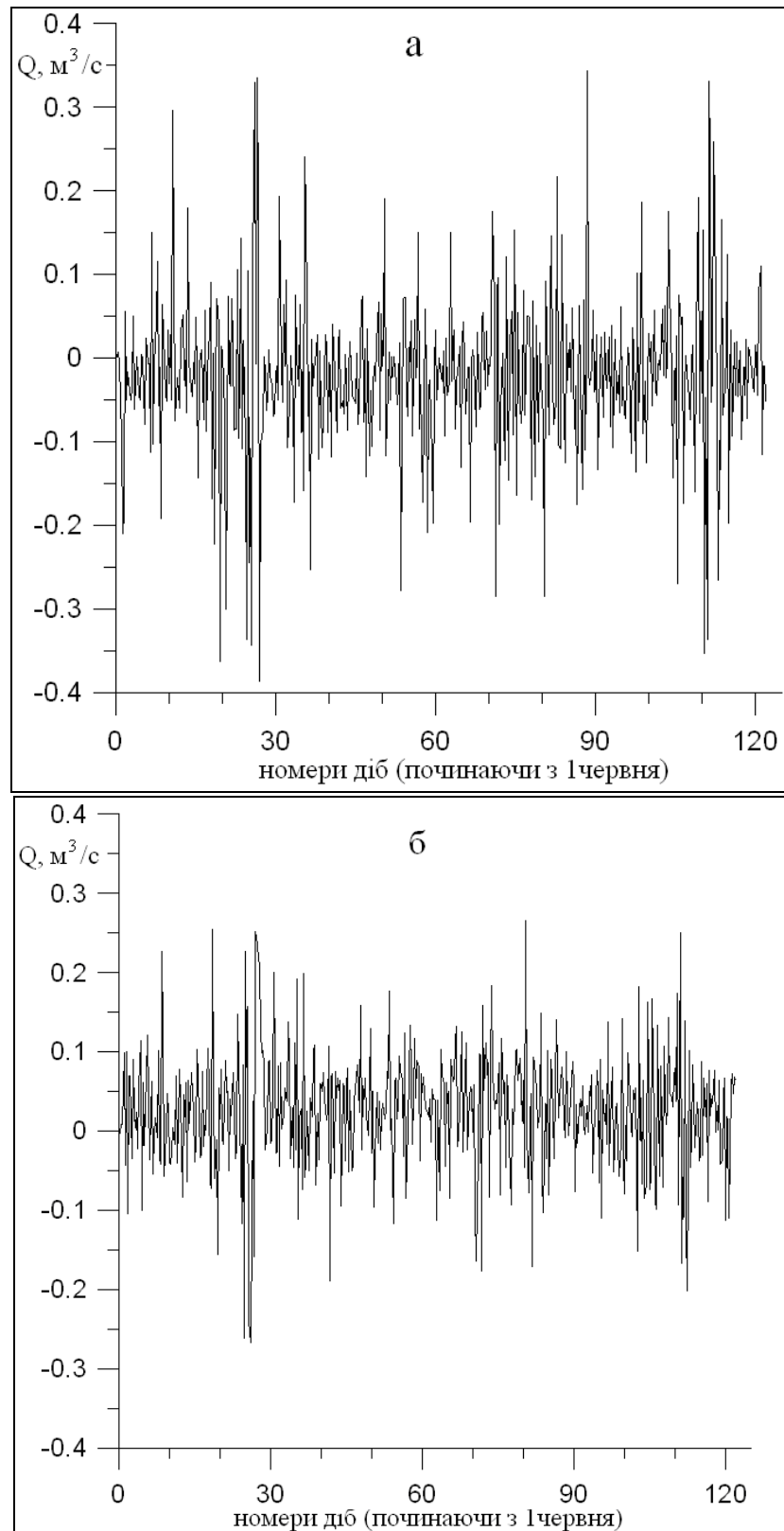


Рисунок 6.10 – Отримана при моделюванні мінливість витрат води через водопропускні споруди дамб між Палійовською затокою і ШВ № 1 (а) та між ШВ № 1 і ШВ № 2 (б), за вітрових умов 2011 р. (середня відмітка рівня води в лимані 1,1 м БС)

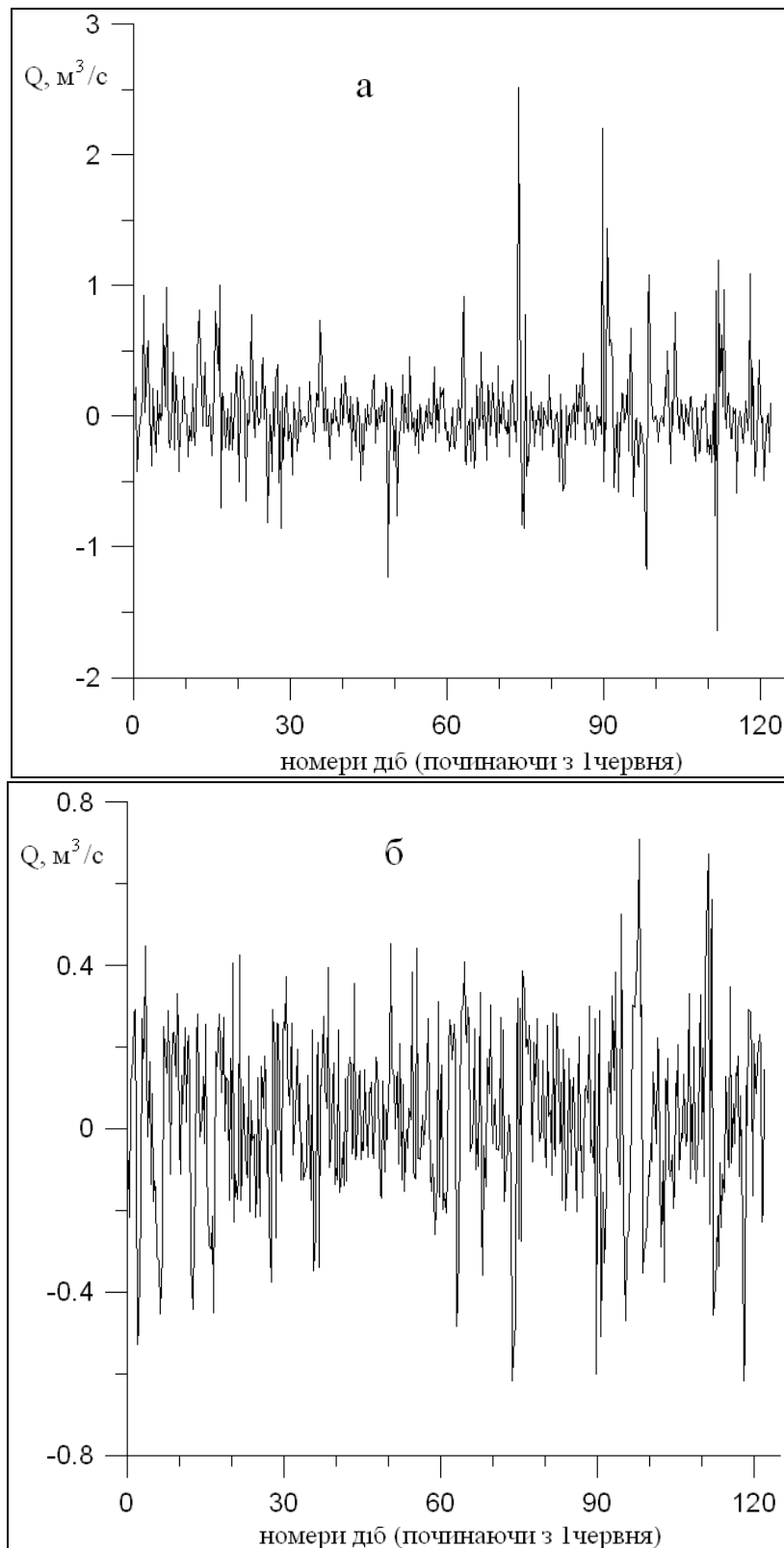


Рисунок 6.11 – Отримана при моделюванні мінливості витрат води через водопропускні споруди дамб між Палійовською затокою і ШВ № 1 (а) та між ШВ № 1 і ШВ № 2 (б), за вітрових умов 2001 р. (середня відмітка рівня води в лимані 1,1 м БС)

На рис. 6.12 приведена розрахована за допомогою моделі на відрізку часу з 1 червня по 30 вересня мінливість солоності води в реперних точках акваторії штучних водойм при середній відмітці рівня води в лимані 1,1 м БС та різних вітрових умовах 2011 і 2001 рр. Початкове значення солоності води в штучних водоймищах вважалось рівним 15 ‰, а на відкритій границі розрахункової області (в Палійовський затоці біля шандорів) – 6 ‰. З рис. 6.12 видно, що при слабких вітрах, а отже і мінімальних згінно-нагінних коливаннях рівня води в Палійовський затоці, в період з червня по вересень солоність води в південній частині ШВ № 1 (реперна точка 1, рис. 6.5) знижується до 13 ‰, а в північній частині (реперна точка 2) – до 14 ‰, тоді як у в ШВ № 2 (реперна точка 3) – підвищується до 23 ‰ (за рахунок переважання випаровування над атмосферними опадами). За вітрових умов 2001 р. за той же розрахунковий період солоність води у південній частині ШВ № 1 знижується до 10 ‰, північній частині ШВ № 1 – до 11 ‰, а в ШВ №2 – підвищується до 20 ‰.

На рис. 6.13 показано, що при підвищенні середньої відмітки рівня води в лимані та ШВ з 1,1 до 1,5 м БС динаміка солоності вод в ШВ № 1 змінюється не значно, проте в ШВ № 2 наприкінці розрахункового періоду солоність води зменшується на 4 ‰ (з 23 до 19 ‰).

З метою порівняння був проведений розрахунок для варіанта, коли водообмін між ШВ № 1 і ШВ № 2 в літній період був відсутній. Результати розрахунків мінливості солоності води приведені на рис. 6.14.

З рис. 6.14 видно, що в цих умовах солоність води в південній і північній частинах ШВ № 1 зменшується на декілька проміле, а в ШВ № 2 – зростає до кінця розрахункового періоду до 40 ‰, в порівнянні з попереднім варіантом, коли водообмін між ШВ № 1 і ШВ № 2 підтримувався.

У літній період року зниженню солоності вод в штучних водоймах перешкоджає перевищення інтенсивності випаровування над надходженням прісних вод з атмосферними опадами. Крім того, швидкість вітрів влітку завжди значно менша, ніж в осінньо-зимовий період. Тому можна припустити, що при підтримці водообміну між Палійовською затокою і ШВ № 1, а також між ШВ № 1 і ШВ № 2 на сучасному рівні, протягом осінньо-зимового періоду року, коли практично відсутнє випаровування з водної поверхні та відбуваються інтенсивні згінно-нагінні коливання рівня води в лимані, солоність води в штучних водоймах значно знизиться.

Для перевірки цього припущення виконано чисельний експеримент, в якому моделювалися водообмін між Палійовською затокою, ШВ № 1 і ШВ № 2 через розчищені до сучасного стану шандори та канал, а також мінливість солоності води в ШВ № 1 і ШВ № 2 в період з 1 жовтня по 31 березня за вітрових умов 2001-2002 рр. У якості початкових, використовувалися поля гідродинамічних характеристик і солоності води, одержані на кінець розрахункового періоду з 01.06 по 30.09.2001 р.

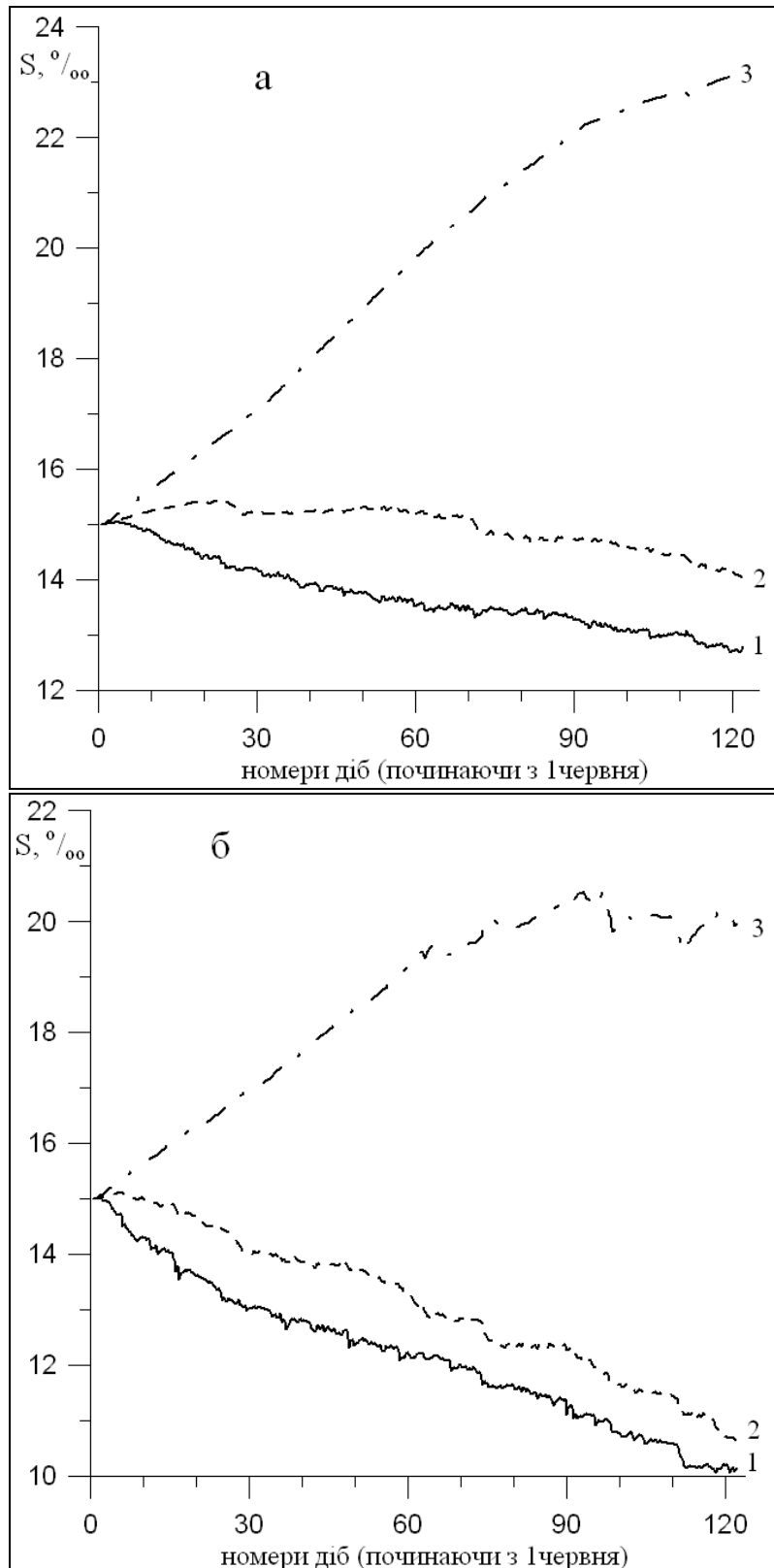


Рисунок 6.12 – Розрахована за моделлю часова мінливість солоності вод, S , ‰, в період з 01.06 по 30.09 за вітрових умов 2011 р. (а) та 2001 р. (б) в південній (1) і північній (2) частинах ШВ № 1 (реперні точки 1 та 2), а також в ШВ № 2 (реперна точка 3), при середній відмітці рівня води в лимані 1,1 м БС

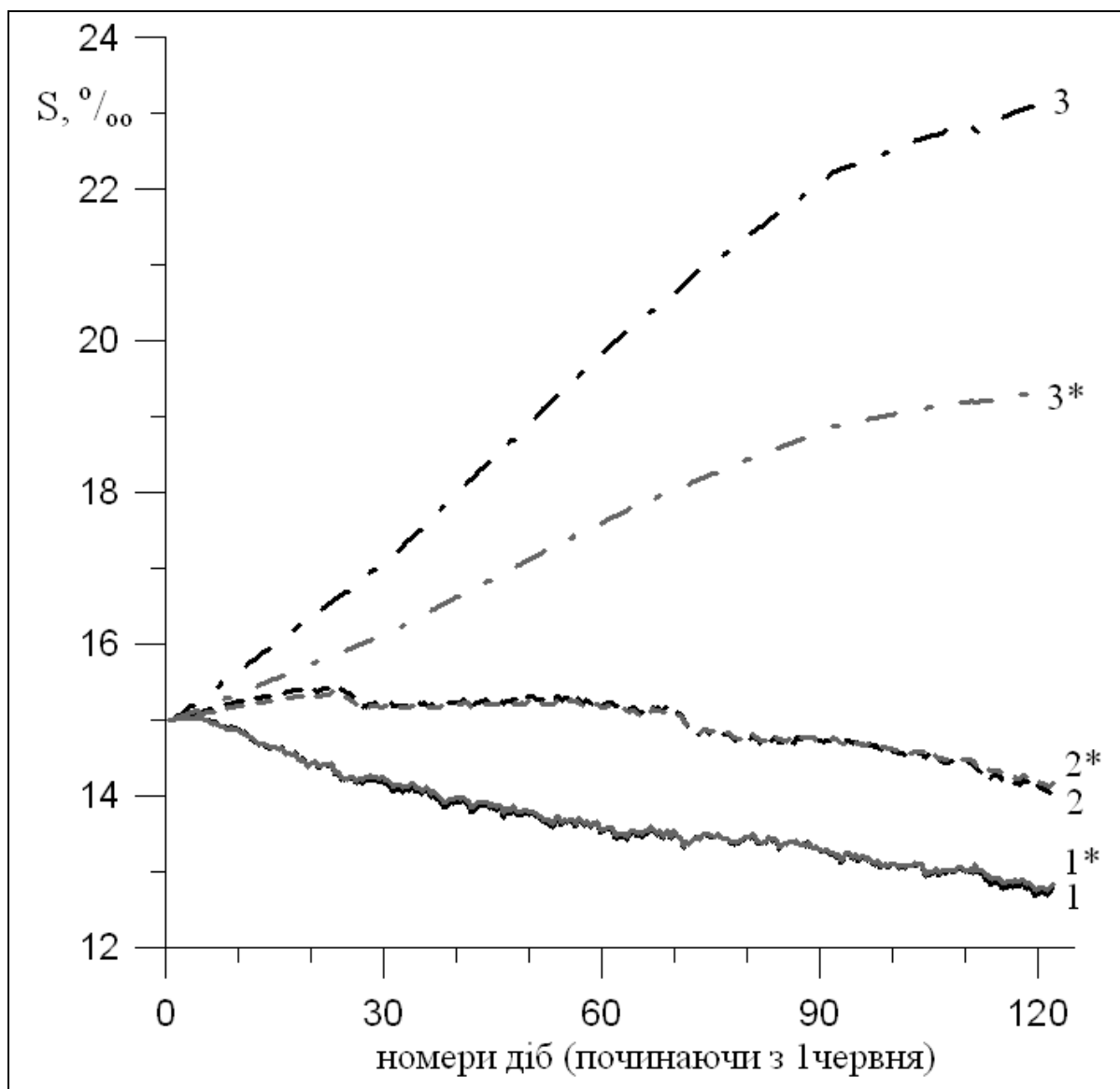


Рисунок 6.13 – Розрахована за моделлю часова мінливість солоності вод, S , ‰, в період з 01.06 по 30.09 за вітрових умов 2011 р. в південній (1) і північній (2) частинах ШВ № 1 (реперні точки 1 та 2), а також в ШВ № 2 (реперна точка 3), при різних середніх відмітках рівня води в лимані (Палійовській затоці):

1, 2, 3 – відмітка рівня води 1,1 м БС;
 1*, 2*, 3* – відмітка рівня води 1,5 м БС

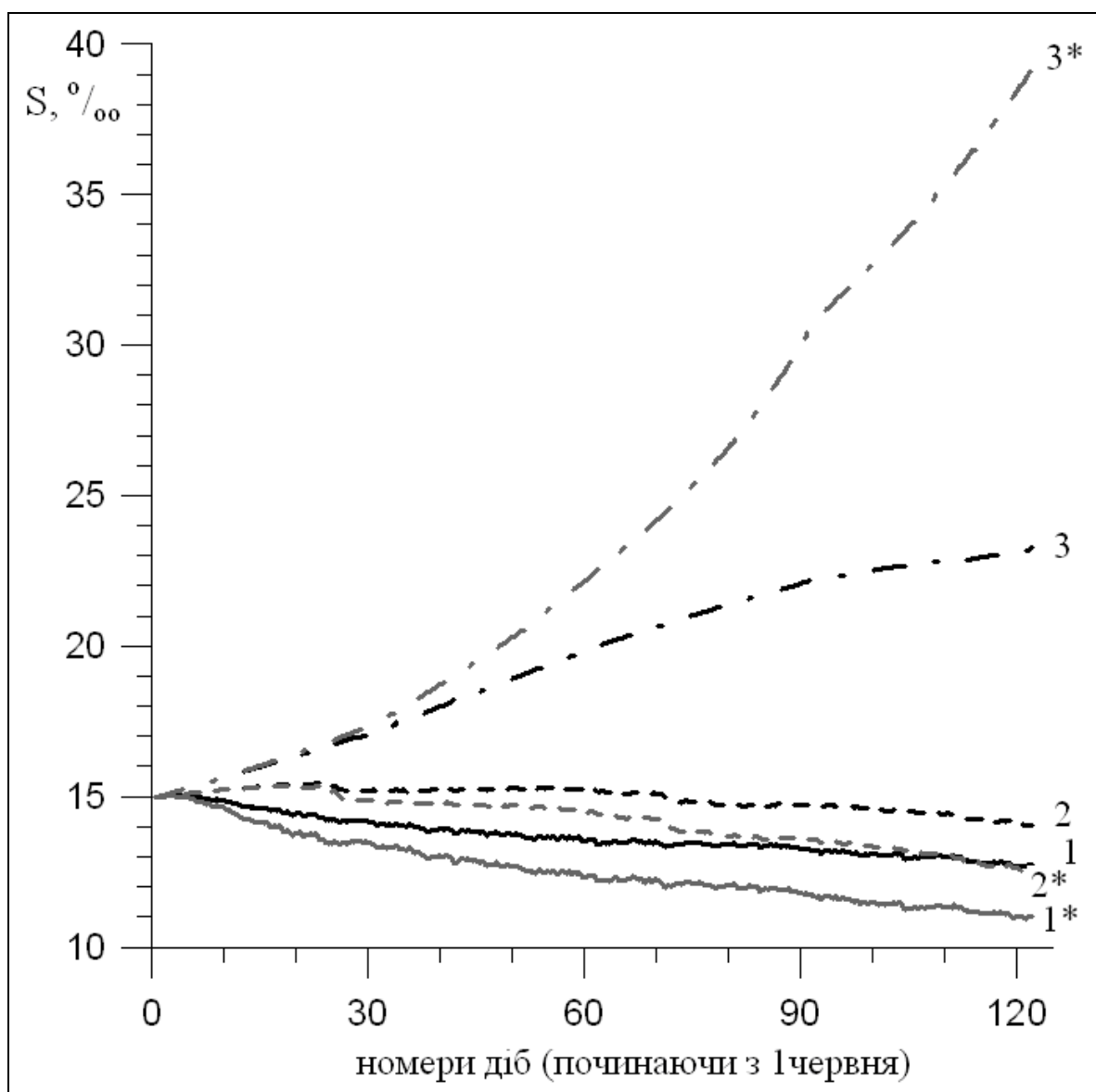


Рисунок 6.14 – Розрахована за моделлю часова мінливість солоності вод, S , ‰, в період з 01.06 по 30.09 за вітрових умов 2011 р. в південній (1) і північній (2) частинах ШВ № 1 (реперні точки 1 та 2), а також в ШВ № 2 (реперна точка 3) за наявністю та при відсутності (цифри з *) водообміну між ШВ № 1 і ШВ № 2

На рис. 6.15 приведені розраховані за допомогою гідродинамічної моделі (при застосуванні її до всього Хаджибеського лиману) викликані вітром згінно-нагінні коливання рівня води в різних точках лиману в період з 01.10 по 31.03. Мінливість відхилень рівня води від незбуреного стану при середній відмітці 1,1 м БС використовувалася при завданні граничних умов на відкритій границі розрахункової області для штучних водойм (в точці Палійовської затоки біля шандорів в греблі між затокою і ШВ № 1). Солоність води в Палійовській затоці приймалася рівною 6 ‰.

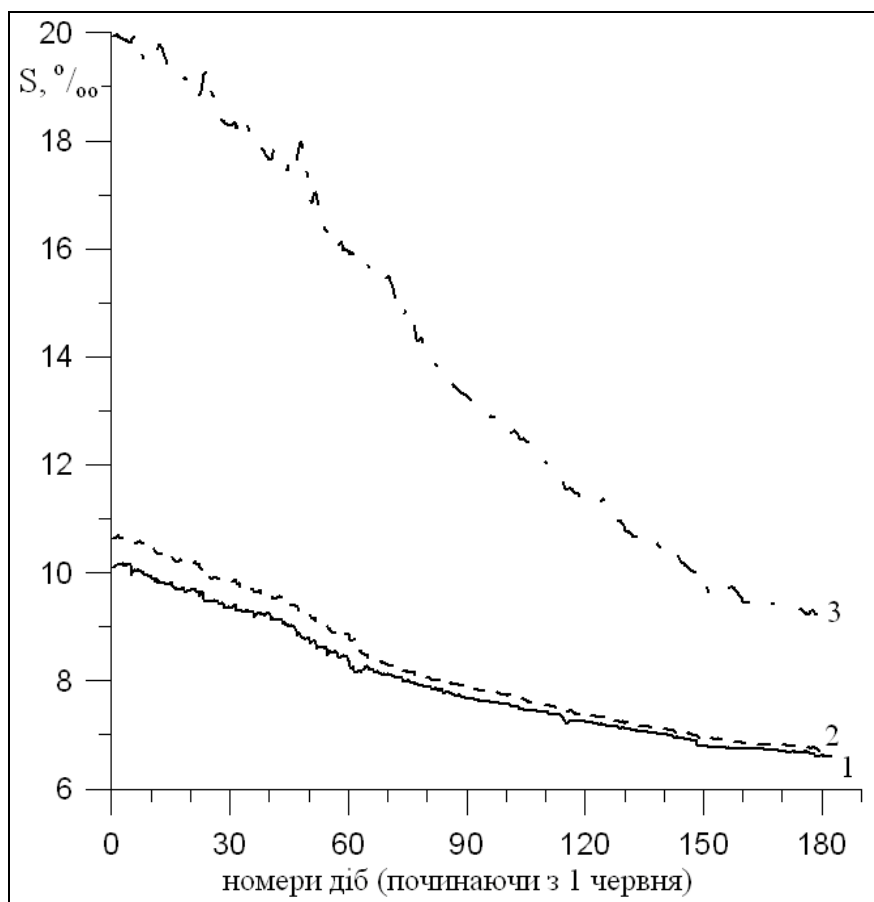


Рисунок 6.15 – Розрахована за моделлю часова мінливість солоності вод, S , ‰, в період з 01.10.2001 по 31.03.2002 р. в південній (1) і північній (2) частинах ШВ № 1 (реперні точки 1 та 2), а також в ШВ №2 (реперна точка 3), при середній відмітці рівня води в лимані 1,1 м БС

Результати розрахунків мінливості солоності води в осінньо-зимовий період в реперних точках штучних водойм (див. рис. 6.5) приведені на рис. 6.15.

З рис 6.15 видно, що до кінця розрахункового періоду (31 березня) солоність води у ШВ № 1 знижується до 8 ‰, а у ШВ № 2 – до 10 ‰. Таким чином слід чекати, що до початку червня солоність воді в штучних водоймах зрівняється з лиманною і складе приблизно 6 ‰.

Враховуючи вищесказане, був проведений додатковий розрахунок для періоду червень-вересень, в якому початкова солоність води в штучних водоймах вважалася рівною 6 ‰. Результати розрахунків, приведені на рис. 6.16, свідчать, що в цьому випадку підвищення солоності води в штучних водоймах до кінця вересня буде значно меншим, ніж при початковій солоності 15 ‰. В ШВ № 1 солоність вод підвищиться менш ніж на 1 ‰, а у ШВ № 2 – до 8-9 ‰, залежно від середньої відмітки рівня води в лимані.

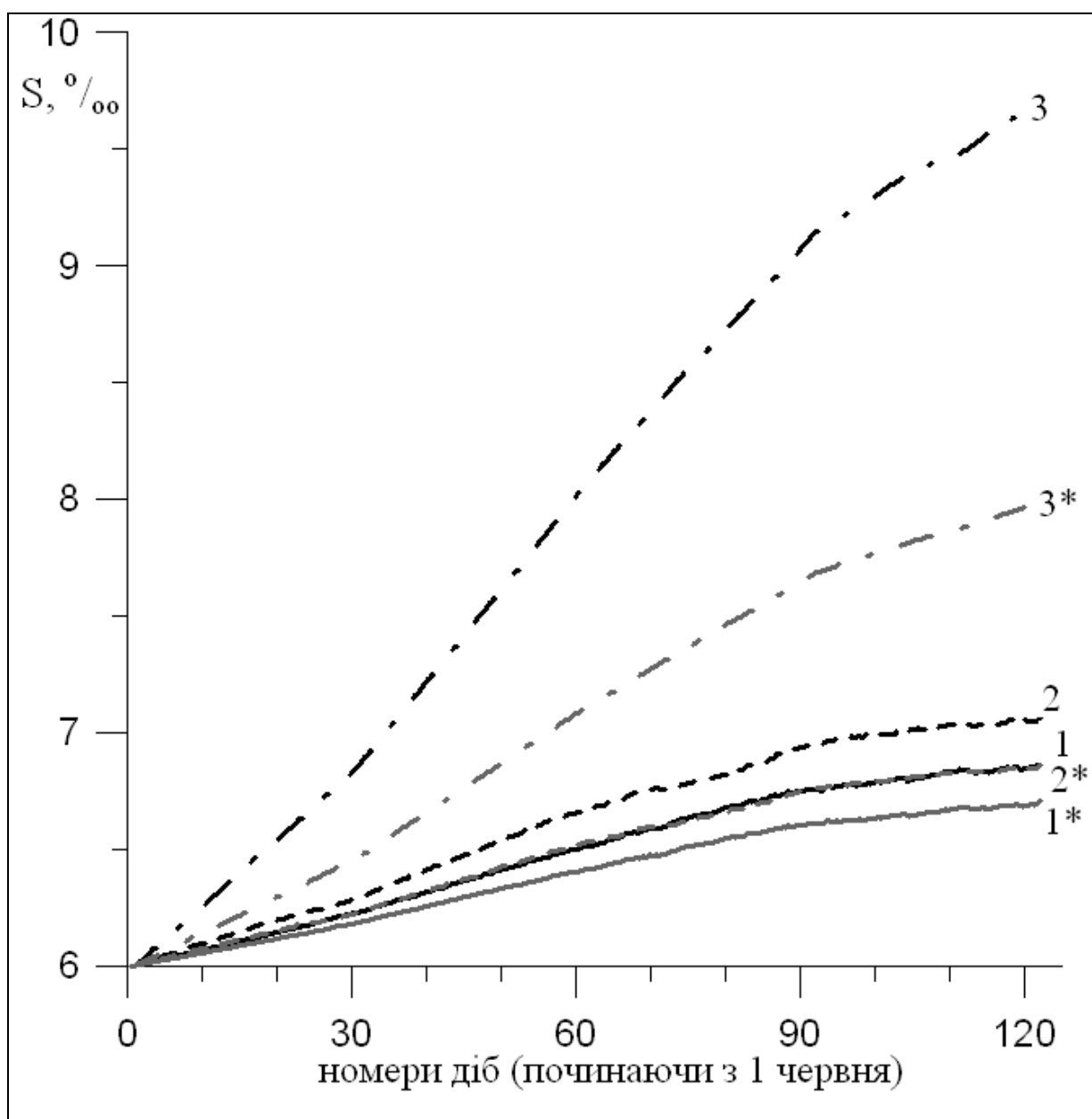


Рисунок 6.16 – Розрахована за моделлю часова мінливість солоності вод, S , ‰, в період з 01.06 по 30.09 за вітрових умов 2011 р. та початковій солоності 6 ‰ в південній (1) і північній (2) частинах ШВ № 1 (реперні точки 1 та 2), а також в ШВ № 2 (реперна точка 3), при різних середніх відмітках рівня води в лимані (Палійовській затоці): 1, 2, 3 – відмітка рівня води 1,1 м БС; 1*, 2*, 3* – відмітка рівня води 1,5 м БС

7 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА ЯКОСТІ ВОДИ ВОДОЙМ ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ

Водойми верхньої частини Хаджибейського лиману, у тому числі його Палійовська затока та водойми гирлової ділянки р. Свинна, є об'єктами комплексного використання різними галузями економіки Одеської області, зокрема: тваринництва, птахівництва, рибництва. Але останніми роками спостерігається пригнічення водної екосистеми річки, що проявляється у пересиханні та замуленні штучних водойм, деградації її гідрографічної мережі, погіршенні гідрохімічних і гідробіологічних показників якості води, яка є незадовільною внаслідок забруднення промисловими, комунально-побутовими стічними водами, зливом забруднювальних речовин поверхневим і підземним стоком з водозбору річки.

Високий рівень зарегульованості, розораності, урбанізації, меліорації, аграрної освоєності призвів до виникнення екологічних проблем, пов'язаних з якістю води, пересиханням і замуленням русла р. Свинна та з необхідністю вкладання значних коштів для поліпшення ситуації. Особливо ці проблеми загострилися останніми роками, коли спостерігалися екстремальні гідрометеорологічні умови та майже припинилося фінансування водогосподарських та природоохоронних заходів. Вирішення зазначених проблем ускладнюється недостатністю інформації про гідрологічний, гідрохімічний і гідробіологічний режими р. Свинна.

Отже, існує необхідність проведення оцінки якості води водойм гирлової ділянки р. Свинна і Палійовської затоки верхньої частині Хаджибейського лиману та розробки рекомендацій по поліпшенню екологічного стану й відновленню біологічних ресурсів цієї території гідроекосистеми лиману.

7.1 Екологічна оцінка якості води водойм за відповідними категоріями

Аналіз якісного стану води р. Свинна та Палійовської затоки виконувався на основі даних натурних спостережень, виконаних ОДЕКУ в 2011 р. за «Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [16]. Ця методика дозволяє здійснити екологічну оцінку якості води – одержати інформацію про воду як складову водної екосистеми, життєве середовище гідробіонтів і важливу частину природного середовища людини.

Оцінка якості води р. Свинна за окремими показниками виконувалась по кожній гідрохімічній станції (ГХС) для яких визначались значення двох блокових індексів якості води (сольового складу і трофо-сапробіологічного).

Маючи значення блокових індексів якості води, визначалася їх приналежність до певного класу і категорії якості води за допомогою екологічної класифікації [16]. Значення екологічного (інтегрального) індексу якості води (I_e), відповідно до [16] визначається за формулою

$$I_e = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3}, \quad (7.1)$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;

I_2 – індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників;

I_3 – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Перелік показників, за якими здійснювалася оцінка якості води р. Свинна та Палійовської затоки за відповідними категоріями, наведений в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Показники екологічної оцінки якості води

Показники сольового складу	Трофо-сапробіологічні показники
Мінералізація, мг/дм ³	Прозорість, м
	<i>pH</i>
Хлориди, мг/дм ³	Азот амонійний, мгN/дм ³
	Азот нітритний, мгN/дм ³
Сульфати, мг/дм ³	Азот нітратний, мгN/дм ³
	Розчинений кисень, мгО/дм ³
	Розчинений кисень, % насичення

Результати визначення блокових та екологічного індексу станом на 12.11.2012 р. (дату відбору проби) наведені в табл. 7.2 та 7.3, за цими даними побудовано гістограму розподілу якості води по різних ГХС (рис. 7.1).

Аналіз якості води досліджених водойм за окремими показниками (табл. 7.2) показує, що найбільше погіршують якість води штучних водойм (ШВ) в басейні р. Свинна речовини сольового блоку. За вмістом мінералізації, хлоридів, сульфатів по всім ГХС категорії якості вод складають 7 (за станом води – «дуже погані», за чистотою – «дуже брудні», за трофністю – «гіпертрофні», за сапробністю – «поліса пробні»). Це пов'язано з тим, що води ШВ р. Свинна солонуваті, а самі водойми – непроточні (при значному випаровуванні з водної поверхні). Дещо нижчий вміст сульфатів виявлений у воді Палійовської затоки Хаджибейського лиману та ШВ № 4/2.

Рівень забруднення води ШВ р. Свинна речовинами трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) блоку представлений нижче.

За показником *pH* по всім ГХС категорія якості води склала 7, окрім (ГХС V, ШВ № 2), що може бути пов'язано з активним перебігом у ШВ біологічних процесів з вираженою «лужною» реакцією середовища.

Таблиця 7.2 – Категорії якості води штучних водойм (ШВ) р. Свинна та Палійовської затоки (ПЗ) за окремими показниками (згідно «Методики екологічної оцінки якості води за відповідними категоріями» [16]) за даними ОДЕКУ (станом на 12.11.2011 р.)

ВО	Номер ГХС	Дата, дд.мм.рр.	Сольовий блок		
			Сухий залишок (мінералізація)	SO_4^{2-}	Cl^-
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
ШВ № 1	I	12.11.11	7	7	7
	III	12.11.11	7	7	7
ШВ № 2	IV	12.11.11	7	7	7
	V	12.11.11	7	7	7
ШВ № 3	VI	12.11.11	7	7	7
ШВ № 4/1	VII	12.11.11	7	7	7
ШВ № 4/2	VIII	12.11.11	7	2	7
ПЗ	X	12.11.11	7	4	7

Продовження табл. 7.2

ВО	Номер ГХС	Трофо-сапробіологічний (еколого-санітарний) блок						
		pH	Прозорість води	O_2	% O_2	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
ШВ № 1	I	7	5	1	3	7	2	4
	III	7	5	4	6	7	6	1
ШВ № 2	IV	7	5	4	6	7	6	1
	V	6	5	7	7	7	4	2
ШВ № 3	VI	7	5	6	7	7	3	7
ШВ № 4/1	VII	7	7	7	7	1	4	6
ШВ № 4/2	VIII	7	5	3	6	7	1	4
ПЗ	X	7	4	1	4	7	1	3

Продовження табл. 7.2

ВО	Номер ГХС	Вид води (за О.О. Альокінім)			
		символ	клас	група	тип
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>
ШВ № 1	I	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій
	III	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій
ШВ № 2	IV	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій
	V	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій
ШВ № 3	VI	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій
ШВ № 4/1	VII	Cl _{III} ^{Mg}	хлоридний	магнію	третій
ШВ № 4/2	VIII	SC _{II} ^{Mg}	сульфатно-хлоридний	магнію	другий
ПЗ	X	Cl _{III} ^{Na}	хлоридний	натрію	третій

Таблиця 7.3 – Екологічна оцінка якості води ШВ р. Свинна та Палійовської затоки (згідно «Методики екологічної оцінки якості води за відповідними категоріями» [16]) за даними ОДЕКУ (станом на 12.11.2011 р.)

ВО	Номер ГХС	Дата, дд.мм.рр.	Сольовий блок			
			<i>I₁</i>	Клас (категорія)	Екологічна класифікація	
					За станом	За ступенем чистоти
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
ШВ № 1	I	12.11.11	7,00	V (7)	Дуже погані	Дуже брудні
	III	12.11.11	7,00	V (7)	Дуже погані	Дуже брудні
ШВ № 2	IV	12.11.11	7,00	V (7)	Дуже погані	Дуже брудні
	V	12.11.11	7,00	V (7)	Дуже погані	Дуже брудні
ШВ № 3	VI	12.11.11	7,00	V (7)	Дуже погані	Дуже брудні
ШВ № 4/1	VII	12.11.11	7,00	V (7)	Дуже погані	Дуже брудні
ШВ № 4/2	VIII	12.11.11	5,33	III (5)	Посередні	Помірно забруднені
ПЗ	X	12.11.11	6,00	IV (6)	Погані	Брудні

Продовження табл. 7.3

ВО	Номер ГХС	Трофо-сапробіологічний (еколого-санітарний) блок			
		I_2	Клас (категорія)	Екологічна класифікація	
				За станом	За ступенем чистоти
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
ШВ № 1	I	4,14	III (4)	Задовільні	Слабко забруднені
	III	5,14	III (5)	Посередні	Помірно забруднені
ШВ № 2	IV	5,14	III (5)	Посередні	Помірно забруднені
	V	5,43	III (5)	Посередні	Помірно забруднені
ШВ № 3	VI	6,00	IV (6)	Погані	Брудні
ШВ № 4/1	VII	5,57	IV (6)	Погані	Брудні
ШВ № 4/2	VIII	4,71	III (5)	Посередні	Помірно забруднені
ПЗ	X	3,86	III (4)	Задовільні	Слабко забруднені

Продовження табл. 7.3

ВО	Номер ГХС	Інтегральний (екологічний) індекс					
		I_e	Клас (категорія)	Екологічна класифікація			
				За станом	За ступенем чистоти	Трофність	Сапробність
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>
ШВ № 1	I	5,57	IV (6)	Погані	Брудні	Політрофні	α'' -мезосапробні
	III	6,07	IV (6)	Погані	Брудні	Політрофні	α'' -мезосапробні
ШВ № 2	IV	6,07	IV (6)	Погані	Брудні	Політрофні	α'' -мезосапробні
	V	6,22	IV (6)	Погані	Брудні	Політрофні	α'' -мезосапробні
ШВ № 3	VI	6,5	V (7)	Дуже погані	Дуже брудні	Гіпертрофні	Полісапробні
ШВ № 4/1	VII	6,29	IV (6)	Погані	Брудні	Політрофні	α'' -мезосапробні
ШВ № 4/2	VIII	5,02	III (5)	Посередні	Помірно забруднені	Ев-політрофні	α' -мезосапробні
ПЗ	X	4,93	III (5)	Посередні	Помірно забруднені	Ев-політрофні	α' -мезосапробні

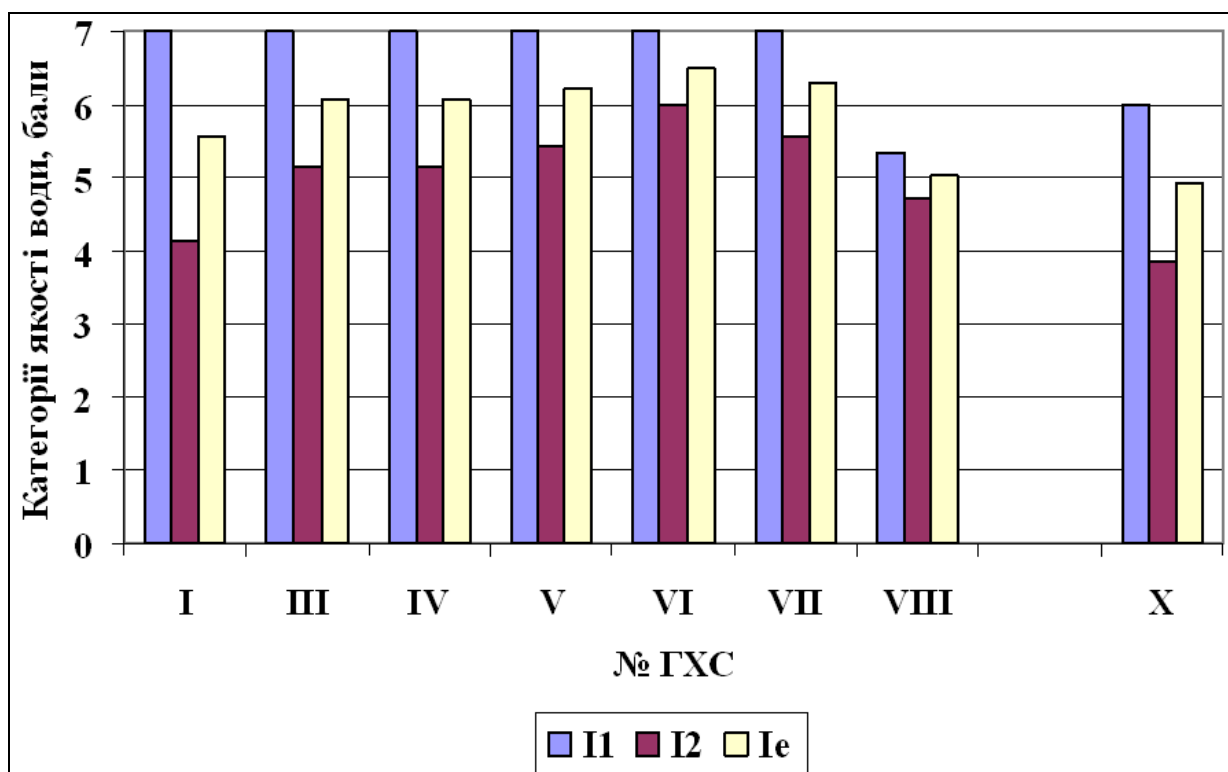


Рисунок 7.1 – Розподіл якості води ШВ р. Свинна та Палійовської затоки на різних ГХС за даними ОДЕКУ (станом на 12.11.2011 р.)

За показником прозорості переважає 5 категорія, окрім ШВ № 4/1 (ГХС VII) де виявлена 7 категорія, що може бути пов'язано з низькою прозорістю води у вказаній водоймі.

За вмістом кисню сприятлива ситуація виявлена у ШВ № 1 і Палійовській затоці, де спостерігалась 1 категорія. По інших ГХС спостерігався незадовільний кисневий режим, який виражався категоріями від 4 до 7. Це пояснюється тим, що на час обстеження у ШВ інтенсивно протікали процеси деструкції органічних речовин, що супроводжувалось поглинанням кисню та його нестачею у воді. Так, у ШВ № 4/2 (ГХС VII) виявлена повна відсутність кисню у воді, у ШВ № 2 (ГХС V) вміст кисню склав $1,64 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ або 11,8 %. В решті ШВ вміст кисню відповідав 50-53 % насичення і лише у ШВ № 1 і Палійовській затоці вміст кисню був на рівні 79-97 % насичення/

За вмістом сполук азоту найгірша ситуація по нітратах (по більшості ШВ спостерігалась 7 категорія, тобто вода оцінюється за станом як «дуже погана», за чистотою як «дуже брудна»). За вмістом нітратів мінімальний рівень забруднення виявлений у Палійовській затоці та ШВ № 4/2 (1 категорія) та ШВ № 1 (ГХС I) – 2-3 категорія. Найгірша ситуація спостерігається у ШВ № 2 – 6 категорія. Рівень вмісту азоту амонійного виявився найвищим у ШВ № 4 (ГХС VII-VIII).

За класифікацією О.О. Альокіна води ШВ р. Свинна переважно відносяться до хлоридного класу групи натрію III типу (ШВ № 4/1 та № 4/2 відносяться до хлоридно-сульфатного класу групи магнію).

За сольовим блоком більшість ШВ відноситься до V групи (7 категорія), тобто вода за станом оцінюється як «дуже погана», за чистотою – як «дуже брудна». У ШВ № 4/2 і Палійовській затоці вода за станом «посередня» і «погана», за чистотою – «помірно забруднена» і «брудна» відповідно.

За трофо-сапробіологічним блоком більшість ШВ відноситься до III класу (категорія 4-5), тобто вода за станом оцінюється від «задовільної» до «посередньої», за чистотою від «слабко забруднених» до «помірно забруднених». Трохи кращим є стан Палійовської затоки і прилеглої до неї частини ШВ № 1.

Комплексна оцінка за величиною інтегрального (екологічного) індексу свідчить, що екосистема Палійовської затоки і ШВ № 4/2 характеризуються III класом (категорія 5): води за станом «посередні», за чистотою «помірно забруднені», за трофністю (біопродуктивністю) – еволітрофні, за сапробністю (забрудненістю органічними речовинами) – α' -мезосапробні.

Така ситуація пояснюється тим, що Палійовська затока є частиною Хаджибейського лиману, який з одного боку забруднюється стічними водами станції біологічної очистки (СБО) «Північна» м. Одеси, з іншого має достатню здатність до самоочищення завдяки вітровому перемішуванню. ШВ № 4/2 є доглянутим орендарем ставком-копанкою з постійним ґрунтовим живленням (прочищені джерела ґрунтових вод) та заростями макрофітів (очерет й ін.), які сприяють самоочищенню води.

Решта ШВ є замкненими водоймами з обмеженим водообміном (ШВ № 1) або взагалі без водообміну (ШВ № 2, 3, 4/1 та 5). Внаслідок посиленої ерозії схилів, значного випаровування, припливу забрудненого поверхневого і ґрунтового стоку водойми пересихають, замулюються і значною мірою забруднені. Тому вони характеризуються поганим екологічним станом (високі значення екологічного індексу, які відповідають IV-V класам 6-7 категорії).

Води таких водойм характеризуються за станом від «погані» до «дуже погані», за чистотою від «брудні» до «дуже брудні», за трофністю від «політрофні» до «гіпертрофні», за сапробністю від « α'' -мезосапробні» до «полісапробні».

Отримані дані свідчать, що екологічний стан водойм р. Свинна незадовільний, якість води є також незадовільною та не дозволяє безпечно її використовувати, що потребує посилення уваги до моніторингу стану річки з боку природоохоронних установ Одеської області.

Трофність – загальна кількість органіки і біогенних елементів на одиницю об'єму водойми, фактично – це кормність, тобто кількість їжі для живих організмів, тому саме трофність визначає біорізноманіття вод.

За трофністю існує така градація водних екосистем:

- дистрофні (непродуктивні);
- оліготрофні (малопродуктивні);
- мезотрофні (середньопродуктивні);
- евтрофні (високопродуктивні).

До евтрофних (висококормних) водойм належать неглибокі (до 10-15 м) рівнинні озера з рясним надходженням біогенів. Влітку в масовій кількості розвивається фітопланктон і відповідно рясні бактеріо- та зоопланктон, зообентос. Ґрунти мулисті, прозорість води низька, кольоровість висока. Літораль добре виражена, сильно заростає макрофітами. Водна маса гіполімніона в порівнянні з епілімніоном мала, бідна киснем. Водна товща прогрівається до дна.

Сапробність – ступінь забруднення водних об'єктів органічними речовинами, цей термін споріднений до поняття «трофність».

За рівнями органічного забруднення водних екосистем (їх сапробності) створено відповідну класифікацію Кольквіца-Марсона.

Води α -мезосапробні (забруднені води) характеризуються енергійним самоочищенням з домінуванням зелених фотосинтезуючих рослин, хоча зустрічаються синьо-зелені та діатомові. Протікають окислювально-відновні процеси, починається аеробне розкладання органіки, тому багато амонію, амінокислот, вуглекислоти. Показник BCK_5 складає 4-12 мгО₂/дм³. Кисню мало, але й сірководню та метану нема. Мул сірий, в ньому мешкають гідробіонти, які пристосовані до нестачі кисню та надлишку вуглекислоти. Домінують рослинні організми з гетеротрофним живленням. Окремі організми розвиваються масово – бактерії-зооглеї, нитчасті бактерії, гриб *Mucor*, синьо-зелені водорості – *Oscillatoria*, *Phormidium uncinatum*, прості – *Chlamidomonas debrayana*, зелена нитчаста водорість *Stigeoclonium tenue*, еугленові *Euglena viridis*, ресничні інфузорії *Stentor coeruleus*, інфузорії *Carchesium*. В мулах багато тубіфіцид (олігохети), коловертки *Brachionus*, рачка *Asellus aquaticus*, молюсків *Sphaerium corneum*, личинок двокрилих *Chironomus*, *Psychoda*.

Води полісапробні (зона дуже сильного забруднення) відчувається дефіцит кисню, який надходить в поверхневий шар лише з атмосфери і повністю використовується на окислення. У воді міститься багато нестійких органічних речовин і продуктів їх анаеробного розкладу (сірководню, метану). Фотосинтез пригнічений, майже повністю відсутні рослини, що виробляють кисень. Нітрати в таких умовах відновлюються до амонію, інтенсивно протікає розкладання органічної речовини з утворенням сірководню і сірчистого заліза у донних відкладах. На дні кисню нема, багато детриту, йдуть відновлювальні процеси, мул чорний із запахом сірководню. Вища водяна рослинність розвинута дуже слабо, в мулі багато бентосних гідробіонтів, що пристосовані до рясноти органіки і анаеробних умов мешкання. Часто утворюються

слизоподібні обростання на твердих предметах. Показник БСК₅ може становити 40 мгО₂/дм³. Біота полісапробних зон має незначне видове різноманіття, але окремі види можуть досягати величезної чисельності. Багато сапрофітних бактерій, аеробні організми відсутні, добре розвинені гетеротрофні організми – нитчасті бактерії *Sphaerotilus*, *Oicomonas mutabalis*, *Thioplycoccus ruser*, сіркобактерії роду *Beggiatoa*, *Thiothris*, бактеріальні зооглеї *Zooglea ramigera*, інфузорії *Paramecium putrinum*, *Vorticella putrina*, джгутикові *Oicomonas mutabilis*, олігохети *Tubifex tubifex*, личинки мухи *Eristalis tenax*, водорість *Polytoma uvella*.

7.2 Оцінка якості води за методом Гідрохімічного інституту

Для оцінки якості води були використані дані гідрохімічних досліджень ШВ р. Свинна та Палійовської затоки верхньої частини Хаджибейського лиману, виконаних ОДЕКУ 12.11.2011 р.

Для вирішення поставленої мети застосована методика Гідрохімічного інституту (ГХІ) [175], яка розроблена і використовується у діяльності установ Державної гідрометслужби та Державного агентства водних ресурсів України.

Метод ГХІ полягає в одержанні однозначної оцінки якості води і проведенні на її основі класифікації води за ступенем придатності для основних видів водокористування.

Виходячи з поставленої мети, для оцінки якості води р. Свинна та ПЗ за методом ГХІ було використано рибогосподарські нормативи ГДК як цільові.

Метод ГХІ з метою встановлення рівня якості води 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.

Перший ступінь класифікації заснований на встановленні міри стійкості забрудненості. Як міра стійкості забрудненості використовується широко поширена в гідрохімічній практиці повторюваність випадків перевищення ГДК:

$$H_i = \left(\frac{N_{ГДК}}{N_i} \right) \cdot 100, \quad (7.2)$$

де H_i – повторюваність випадків перевищення ГДК i -го інгредієнта;

$N_{ГДК}$ – число випадків, коли вміст i -го інгредієнта перевищує його ГДК;

N_i – загальне число результатів аналізу i -го інгредієнта.

При аналізі забрудненості за ознаками повторюваності виділяються як якісно помітні такі характеристики: забрудненість може характеризуватись, як «одиночна» (до 10 % випадків), «нестійка» (10-30 % випадків), «стійка» (30-50 % випадків), «характерна» (50-100 % випадків). Якісним виразам виділених характеристик забрудненості води присуджуються кількісні вирази (a, b, c, d) в балах від 1 до 4.

Другий ступінь класифікації заснований на встановленні рівня забрудненості, в якості якого використовується також широко поширений в гідрохімічній практиці показник кратності перевищення ГДК:

$$K_i = \frac{C_i}{C_{ГДК}}, \quad (7.3)$$

де K_i – кратність перевищення ГДК i -го інгредієнта;

C_i – концентрація i -го інгредієнта у воді водного об'єкта, мг/дм³;

$C_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація (ГДК) i -го інгредієнта, мг/дм³.

При аналізі загального ступеня забрудненості за рівнем забрудненості окремими речовинами забрудненість характеризується, як: «низька» (до 2·ГДК), «середня» (від 2·ГДК до 10·ГДК), «висока» (від 10·ГДК до 50·ГДК), «дуже висока» (> 50·ГДК).

Якісним виразам виділених характеристик забрудненості води присуджуються кількісні вирази (a_1, b_1, c_1, d_1) в балах від 1 до 4. При поєднанні 1-го та 2-го ступенів класифікації води по кожному з гідрохімічних інгредієнтів визначаються узагальнені оцінні бали (S_i), одержані як добуток оцінок (a, b, c, d) та (a_1, b_1, c_1, d_1) за окремими характеристиками. Значення S_i може становити від 1 до 16 (чим більше, тим гірша якість води по окремому інгредієнту).

Третій ступінь класифікації полягає в узагальненні даних по окремих гідрохімічних показниках. Для цього обчислюється показник комбінаторний індекс забрудненості (КІЗ) шляхом додавання всіх узагальнених оцінних балів (S_i) по окремих гідрохімічних показниках. При цьому ті гідрохімічні показники, для яких узагальнений оцінний бал $S_i \geq 11$ вважаються лімітуючими ознаками забруднення (ЛОЗ), тобто вони є найбільшими забруднювальними речовинами і переводять якість води до категорії «неприпустимо брудна».

Надалі розраховується показник усередненої забрудненості – питомий комбінаторний індекс забруднення (ПКІЗ). В залежності від кількості речовин – ЛОЗ, встановлюється клас і розряд якості води («слабко забруднена», «забруднена», «брудна», «дуже брудна») та робиться експертний висновок щодо придатності води для обраного виду водокористування.

За методом ГХІ розрахунок проводився для 12 гідрохімічних показників згідно рибогосподарських нормативів ГДК ($ГДК_{p-r}$).

Вхідні дані (хімічний склад води) та $ГДК_{p-r}$ наведені в табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – Хімічний склад води ШВ р. Свинна та Палійовської затоки за даними ОДЕКУ (станом на 12.11.2011 р.)

ВО	ГДК _{р-г}	7,5	6,00	7,00
	Показник ГХС	<i>pH</i>	<i>O</i> ₂ , мгО ₂ /дм ³	<i>T</i> _{заг.} , мг-екв/дм ³
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
ШВ № 1	I	9,29	12,2	48,13
	III	9,37	6,68	77,75
ШВ № 2	IV	9,37	6,68	77,75
	V	8,65	1,64	121,88
ШВ № 3	VI	9,30	4,83	224,50
ШВ № 4/1	VII	9,83	0,00	186,25
ШВ № 4/2	VIII	9,38	7,49	34,25
ПЗ	X	9,32	10,31	31,75

Продовження табл. 7.4

ВО	ГДК _{р-г}	180,00	40,00	170,00	100,00	300,00	1000,00
	Показник ГХС	<i>Ca</i> ²⁺ , мг/дм ³	<i>Mg</i> ²⁺ , мг/дм ³	<i>Na</i> ⁺ + <i>K</i> ⁺ , мг/дм ³	<i>SO</i> ₄ ²⁻ , мг/дм ³	<i>Cl</i> ⁻ , мг/дм ³	<i>α</i> , мг/дм ³
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
ШВ № 1	I	150,30	494,06	2870,0	673,94	5068,6	10497
	III	187,98	831,38	5575,0	365,82	8568,8	17571
ШВ № 2	IV	187,98	831,38	5575,0	365,82	8568,8	17571
	V	373,35	1255,5	9201,0	223,87	12870	26827
ШВ № 3	VI	1616,2	1749,2	16846,0	1403,5	13797	39335
ШВ № 4/1	VII	298,20	867,86	5972,7	177,34	1471,0	11263
ШВ № 4/2	VIII	77,15	369,66	1431,4	336,07	1258,3	6044,0
ПЗ	X	132,87	305,46	1152,0	1000,7	2906,5	6242,0

Продовження табл. 7.4

ВО	ГДК _{р-г}	0,020	9,100	0,390
	Показник ГХС	NO_2^- , мгN/дм ³	NO_3^- , мгN/дм ³	NH_4^+ , мгN/дм ³
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
ШВ № 1	I	0,278	0,306	0,474
	III	0,392	1,508	0,086
ШВ № 2	IV	0,392	1,508	0,086
	V	0,152	0,606	0,181
ШВ № 3	VI	0,145	0,412	2,561
ШВ № 4/1	VII	0,000	0,734	1,571
ШВ № 4/2	VIII	0,138	0,000	0,322
ПЗ	X	0,139	0,154	0,219

На першому етапі за формулою (7.2) було розраховано кратність перевищення окремими гідрохімічними показниками нормативів ГДК_{р-г}. Результати розрахунків наведені в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Кратність перевищення ГДК_{р-г} в воді ШВ р. Свинна та Палійовської затоки (ПЗ) за даними ОДЕКУ (станом на 12.11.2011 р.)

ВО	ГДК _{р-г}	7,5	6,00	7,00
	Показник ГХС	pH	O_2 , мгO ₂ /дм ³	$T_{заг.}$, мг-екв/дм ³
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
ШВ № 1	I	1,24	0,49	6,88
	III	1,25	0,90	11,11
ШВ № 2	IV	1,25	0,90	11,11
	V	1,15	3,66	17,41
ШВ № 3	VI	1,24	1,24	32,07
ШВ № 4/1	VII	1,31	6,00	26,61
ШВ № 4/2	VIII	1,25	0,80	4,89
ПЗ	X	1,24	0,58	4,54

Продовження табл. 7.5

ВО	ГДК _{р-г}	180,00	40,00	170,00	100,00	300,00	1000,00
	Показник ГХС	Ca^{2+} , мг/дм ³	Mg^{2+} , мг/дм ³	$Na^{+} + K^{+}$, мг/дм ³	SO_4^{2-} , мг/дм ³	Cl^{-} , мг/дм ³	α , мг/дм ³
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
ШВ № 1	I	0,84	12,35	16,88	6,74	16,90	10,50
	III	1,04	20,78	32,79	3,66	28,56	17,57
ШВ № 2	IV	1,04	20,78	32,79	3,66	28,56	17,57
	V	2,07	31,39	54,12	2,24	42,90	26,83
ШВ № 3	VI	8,98	43,73	99,10	14,04	45,99	39,34
ШВ № 4/1	VII	1,66	21,70	35,13	1,77	4,90	11,26
ШВ № 4/2	VIII	0,43	9,24	8,42	3,36	4,19	6,04
ПЗ	X	0,74	7,64	6,78	10,01	9,69	6,24

Продовження табл. 7.5

ВО	ГДК _{р-г}	0,020	9,100	0,390
	Показник ГХС	NO_2^{-} , мгN/дм ³	NO_3^{-} , мгN/дм ³	NH_4^{+} , мгN/дм ³
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
ШВ № 1	I	13,90	0,03	1,22
	III	19,60	0,17	0,22
ШВ № 2	IV	19,60	0,17	0,22
	V	7,60	0,07	0,46
ШВ № 3	VI	7,25	0,05	6,57
ШВ № 4/1	VII	0,00	0,08	4,03
ШВ № 4/2	VIII	6,90	0,00	0,83
ПЗ	X	6,95	0,02	0,56

В воді Палійовської затоки (ПЗ) і ШВ № 1 перевищення ГДК_{р-г} фіксувались по магнію, натрію та калію, сульфатам, хлоридам, мінералізації, нітратам, твердості. Кратність перевищення склала у воді ПЗ – від 1·ГДК_{р-г} до 10·ГДК_{р-г}, по всім переліченим показникам, у воді ШВ № 1 – до 28,6·ГДК_{р-г} (хлориди). Такі результати можна пояснити підвищеним вмістом розчинених речовин (води «солонуваті») та внутрішніми процесами у водоймах.

У воді ШВ № 2 на ГХС зафіксовано замор (нестача кисню у 3,66 разів від норми), перевищення ГДК_{р-г} по магнію – у 32 рази, натрію-калію – у 54 рази, хлоридам – у 43 рази, мінералізації – у 27 разів, нітратам – у 7,6 разів, твердості (загальній) – у 11 разів.

У воді ШВ № 3 відзначено незадовільний кисневий режим, перевищення ГДК_{р-г} по головним іонам – від 9 до 99 разів, нітратам – у 7,2 рази, амонію – у 6,6 разів, твердості – у 32 рази.

У воді ШВ № 4 виявлено, що у відокремленій частині водойми ШВ № 4/1 якість води гірша, ніж у основній акваторії (перевищення по головним іонам - від 1,8 до 35 разів, відсутність кисню та замор риби, перевищення по амонію сольовому – 4·ГДК_{р-г}, по твердості – 26,6·ГДК_{р-г}).

У воді ШВ 4/2 перевищення по головним іонам – до 9,24·ГДК_{р-г}, по нітратам – 6,95·ГДК_{р-г}, по твердості – 4,9·ГДК_{р-г}.

На другому етапі було проведено дослідження стійкості та кратності перевищень ГДК у воді ШВ гирлової ділянки р. Свинна та Палійовської затоки (ПЗ) за окремими показниками. Результати наведені у табл. 7.6-7.8.

Таблиця 7.6 – Повторюваність перевищення ГДК_{р-г} в воді ШВ р. Свинна та Палійовської затоки (ПЗ) за даними ОДЕКУ (станом на 12.11.2011 р.)

ВО	Показник		<i>pH</i>	<i>O</i> ₂	<i>T</i> _{заг.}
	ГХС				
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	
ШВ № 1	I	4	1	4	
	III	4	1	4	
ШВ № 2	IV	4	1	4	
	V	4	4	4	
ШВ № 3	VI	4	4	4	
ШВ № 4/1	VII	4	4	4	
ШВ № 4/2	VIII	4	1	4	
ПЗ	X	4	1	4	

Продовження табл. 7.6

ВО	Показник		Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+} + K^{+}$	SO_4^{2-}	Cl^{-}	α
	ГХС							
<i>1</i>	<i>2</i>		<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
ШВ № 1	I		1	4	4	4	4	4
	III		4	4	4	4	4	4
ШВ № 2	IV		4	4	4	4	4	4
	V		4	4	4	4	4	4
ШВ № 3	VI		4	4	4	4	4	4
ШВ № 4/1	VII		4	4	4	4	4	4
ШВ № 4/2	VIII		1	4	4	4	4	4
ПЗ	X		1	4	4	4	4	4

Продовження табл. 7.6

ВО	Показник		NO_2^{-}	NO_3^{-}	NH_4^{+}
	ГХС				
<i>1</i>	<i>2</i>		<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
ШВ № 1	I		4	1	4
	III		4	1	1
ШВ № 2	IV		4	1	1
	V		4	1	1
ШВ № 3	VI		4	1	4
ШВ № 4/1	VII		1	1	4
ШВ № 4/2	VIII		4	1	1
ПЗ	X		4	1	1

Таблиця 7.7 – Рівень забрудненості за рибогосподарськими нормами (ГДК_{р-г}) в воді ШВ р. Свинна та Палійовської затоки (ПЗ) за даними ОДЕКУ (станом на 12.11.2011 р.)

ВО	Показник		<i>pH</i>	<i>O₂</i>	<i>T_{заг.}</i>
	ГХС				
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	
ШВ № 1	I	1	1	2	
	III	1	1	3	
ШВ № 2	IV	1	1	3	
	V	1	2	3	
ШВ № 3	VI	1	1	3	
ШВ № 4/1	VII	1	2	3	
ШВ № 4/2	VIII	1	1	2	
ПЗ	X	1	1	2	

Продовження табл. 7.7

ВО	Показник		<i>Ca²⁺</i>	<i>Mg²⁺</i>	<i>Na⁺ + K⁺</i>	<i>SO₄²⁻</i>	<i>Cl⁻</i>	<i>α</i>
	ГХС							
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	
ШВ № 1	I	1	3	3	2	3	3	
	III	1	3	3	2	3	3	
ШВ № 2	IV	1	3	3	2	3	3	
	V	2	3	4	2	3	3	
ШВ № 3	VI	2	3	4	3	3	3	
ШВ № 4/1	VII	1	3	3	1	2	3	
ШВ № 4/2	VIII	1	2	2	2	2	2	
ПЗ	X	1	2	2	3	2	2	

Продовження табл. 7.7

ВО	Показник	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+
	ГХС			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
ШВ № 1	I	3	1	1
	III	3	1	1
ШВ № 2	IV	3	1	1
	V	2	1	1
ШВ № 3	VI	2	1	2
ШВ № 4/1	VII	1	1	2
ШВ № 4/2	VIII	2	1	1
ПЗ	X	2	1	1

Таблиця 7.8 – Характеристика якості води за рибогосподарськими нормами (ГДЖ_{р-г}) в воді ШВ р. Свинна та Палійовської затоки (ПЗ) за даними ОДЕКУ (станом на 12.11.2011 р.)

ВО	Показник	<i>pH</i>	O_2	$T_{заг.}$
	ГХС			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
ШВ № 1	I	4	1	8
	III	4	1	12
ШВ № 2	IV	4	1	12
	V	4	8	12
ШВ № 3	VI	4	4	12
ШВ № 4/1	VII	4	8	12
ШВ № 4/2	VIII	4	1	8
ПЗ	X	4	1	8

Продовження табл. 7.8

ВО	Показник		Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+} + K^{+}$	SO_4^{2-}	Cl^{-}	α
	ГХС							
<i>1</i>	<i>2</i>		<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
ШВ № 1	I		1	12	12	8	12	12
	III		4	12	12	8	12	12
ШВ № 2	IV		4	12	12	8	12	12
	V		8	12	16	8	12	12
ШВ № 3	VI		8	12	16	12	12	12
ШВ № 4/1	VII		4	12	12	4	8	12
ШВ № 4/2	VIII		1	8	8	8	8	8
ПЗ	X		1	8	8	12	8	8

Продовження табл. 7.8

ВО	Показник		NO_2^{-}	NO_3^{-}	NH_4^{+}
	ГХС				
<i>1</i>	<i>2</i>		<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
ШВ № 1	I		12	1	4
	III		12	1	1
ШВ № 2	IV		12	1	1
	V		8	1	1
ШВ № 3	VI		8	1	8
ШВ № 4/1	VII		1	1	8
ШВ № 4/2	VIII		8	1	1
ПЗ	X		8	1	1

Продовження табл. 7.8

ВО	Показник ГХС	КІЗ	ПКІЗ, бал
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
ШВ № 1	I	87	7,25
	III	91	7,58
ШВ № 2	IV	91	7,58
	V	102	8,50
ШВ № 3	VI	109	9,08
ШВ № 4/1	VII	86	7,17
ШВ № 4/2	VIII	64	5,33
ПЗ	X	68	5,67

Продовження табл. 7.8

ВО	Показник ГХС	Клас якості води і його характеристика	Речовини ЛОЗ
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>17</i>	<i>18</i>
ШВ № 1	I	IV, г – «дуже брудна»	Mg^{2+} , $Na^+ + K^+$, Cl^- , α , NO_2^-
	III	V – «неприпустимо брудна»	Mg^{2+} , $Na^+ + K^+$, Cl^- , α , NO_2^- , $T_{заг.}$
ШВ № 2	IV	V – «неприпустимо брудна»	Mg^{2+} , $Na^+ + K^+$, Cl^- , α , NO_2^- , $T_{заг.}$
	V	IV, г – «дуже брудна»	Mg^{2+} , $Na^+ + K^+$, Cl^- , α , $T_{заг.}$
ШВ № 3	VI	IV, г – «дуже брудна»	Mg^{2+} , $Na^+ + K^+$, SO_4^{2-} , Cl^- , α , $T_{заг.}$
ШВ № 4/1	VII	IV, г – «дуже брудна»	Mg^{2+} , $Na^+ + K^+$, α , $T_{заг.}$
ШВ № 4/2	VIII	IV, а – «дуже брудна»	–
ПЗ	X	IV, б – «дуже брудна»	SO_4^{2-}

Вода ШВ № 1 на ГХС I за розчиненим киснем, кальцієм, нітратами вода характеризується як «слабко забруднена». В той же час за рН, амонієм сольовим вода має «одиничну забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «брудна». За твердістю (загальною) і сульфатами вода має «нестійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «дуже брудна». За магнієм, натрієм і калієм, хлоридами, мінералізацією, нітритами вода має «стійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «неприпустимо брудна». Клас якості води у даній водоймі становить IV, г – «дуже брудна».

Вода ШВ № 2 за вмістом нітратів, амонію сольового вода характеризується як «слабко забруднена». За вмістом кисню, кальцію, сульфатів, нітритів вода має «нестійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «дуже брудна». За магнієм, хлоридами, мінералізацією, твердістю вода має «стійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «неприпустимо брудна». За вмістом натрію та калію виявлена «характерна забрудненість дуже високого рівня» і вода характеризується як «неприпустимо брудна». Клас якості води у даній водоймі змінювався від IV, г – «дуже брудна», до V – «неприпустимо брудна».

Вода ШВ № 3 характеризується найгіршим станом. За вмістом нітратів вода характеризується як «слабко забруднена». За вмістом рН та кисню вода має «одиничну забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «брудна». За вмістом кальцію, нітритів, амонію сольового вода має «нестійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «дуже брудна». За магнієм, хлоридами, мінералізацією, твердістю вода має «стійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «неприпустимо брудна». За вмістом натрію та калію виявлена «характерна забрудненість дуже високого рівня» і вода характеризується як «неприпустимо брудна». Клас якості води у даній водоймі становить IV, г – «дуже брудна».

Якість води ШВ № 4 оцінювалася окремо для ШВ № 4/1 та ШВ № 4/2.

Вода ШВ № 4/1 за вмістом нітратів, нітритів вода характеризується як «слабко забруднена». За рН, вмістом кальцію, сульфатів вода має «одиничну забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «брудна». За вмістом кисню, хлоридів, амонію сольового вода має «нестійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «дуже брудна». За магнієм, натрієм і калієм, мінералізацією, твердістю вода має «стійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «неприпустимо брудна». Клас якості води у даній водоймі становить IV, г – «дуже брудна».

Вода ШВ № 4/2 має дещо кращий стан ніж у ШВ № 4/1. За вмістом кисню, кальцію, нітратів, амонію сольового вода характеризується як «слабко забруднена». За показником рН вода має «одиничну забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «брудна». За головними іонами,

нітратами, твердістю вода має «нестійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «дуже брудна». Клас якості води у даній водоймі становить IV, а – «дуже брудна».

Вода Палійовської затоки (ПЗ) за вмістом розчиненого кисню, кальцію, нітратів, амонію сольового вода характеризується як «слабко забруднена». За pH вода має «одиничну забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «брудна». За магнієм, натрієм і калієм, хлоридами, мінералізацією, нітритами, твердістю вода має «нестійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «дуже брудна». За вмістом сульфатів вода має «стійку забрудненість дуже високого рівня» і характеризується як «неприпустимо брудна». Клас якості води у даній водоймі становить IV, б – «дуже брудна».

На рис. 7.2 показаний розподіл ПКІЗ (питомого комбінаторного індексу забруднення води – усереднена забрудненість з урахуванням впливу всіх гідрохімічних показників), визначеного за методом ГХІ для вод ШВ р. Свинна та Палійовської затоки за даними ОДЕКУ (станом на 12.11.2011 р.).

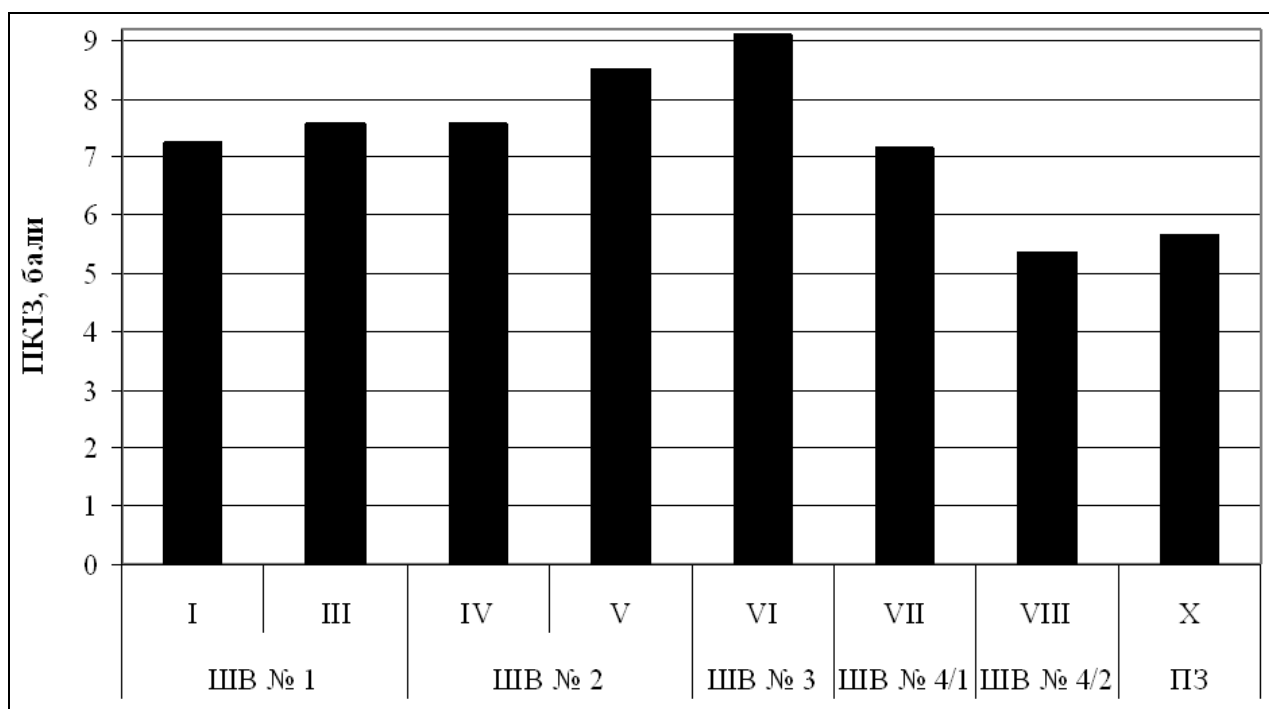


Рисунок 7.2 – Розподіл якості води водойм гирлової ділянки р. Свинна та Палійовської затоки Хаджибейського лиману, визначеної за методикою ГХІ (за даними ОДЕКУ станом на 12.11.2012 р.)

На рис. 7.2 видно, що найгірша якість води у ШВ № 3. Найчистішою є вода Палійовської затоки та ШВ № 4/2.

Результати визначення класу якості та забрудненості води окремими речовинами дозволяють зробити висновок, що за хімічним складом води ШВ гирлової ділянки р. Свинна не можуть бути безпечно використані для рибогосподарських потреб без ризику для риб та кінцевого споживача – людини (табл. 7.9).

Таблиця 7.9 – Вплив забруднення на можливість використання води

Характеристика якості води	Види водокористування					
	Господарсько-питне	Рекреація	Побутове використання	Рибне господарство	Промисловість	Зрошення
Слабко забруднена	Придатна після очистки	Використовується	Придатна	Придатна для деяких видів риб	Придатна для всіх видів	Придатна
Забруднена	Не придатна	Не придатна	Не придатна	Не придатна	Утруднено	Придатна з обмеженнями
Брудна	Не придатна	Взагалі не придатна	Не придатна	Не придатна	Можливо для спеціальних цілей після очистки	Ускладнено
Дуже брудна	Не придатна	Не використовується	Взагалі неможливо	Неможливо	Можливо в окремих випадках	Можливо в окремих випадках

Усунення впливу речовин ЛОЗ (табл. 7.8) дозволить поліпшити ситуацію. Обмежений водообмін і накопичення забруднювальних речовин в умовах відсутності припливу води з водозбірною басейну річки та інтенсивного випаровування з водної поверхні водойм призводять до посиленого «цвітіння» синьо-зелених й інших фітопланктонних водоростей, накопичення органічних і токсичних речовин, дефіциту (відсутності) розчиненого у воді кисню, а отже – деградації водойм екосистеми гирлової ділянки р. Свинна. Вода Палійовської затоки знаходиться у дещо кращій ситуації завдяки вільному водообміну водойми з акваторією верхньої частини Хаджибейського лиману.

ВИСНОВКИ

Основними висновками та рекомендаціями по відновленню біологічних ресурсів і поліпшенню екологічного стану водойм верхньої частини Хаджибейського лиману, отриманими при виконанні НДР, є наступні:

1. За гідрогеологічним районуванням р. Свинна відноситься до Причорноморського артезіанського басейну пластових вод. Тут поширені водоносні горизонти, пов'язані з відкладами неогену. Глибина залягання обводнених порід змінюється від 5-7 м до 50-75 м. Клімат басейну помірно-континентальний, теплий з тривалим літом і нестійкою зимою. Басейн розташований в зоні недостатнього зволоження.

2. Систематичні гідрологічні спостереження на р. Свинна не ведуться. Стаціонарні водомірні спостереження ведуться тільки в Хаджибейському лимані на водомірному посту в с. Усатове (знаходиться на греблі лиману), починаючи з 09.07.1933 р. (17.12.1944 р.) по теперішній час.

3. За останні 100 років в басейні р. Свинна та верхній частині Хаджибейського лиману відбулися значні водогосподарські перетворення, основним з яких є регулювання та перехоплення стоку ставками, водосховищами, копанями в руслах річок і їхніх заплавах, а також спорудження гребель навколо лиману. За даними батиметричної та геодезичної зйомок, виконаних ОДЕКУ в 2011 р., для кожної з водойм гирлової ділянки р. Свинна побудовані плани в ізобатах, криві об'ємів і площ водної поверхні та середніх глибин водойм, повздовжній профіль дна річки від греблі ШВ № 5 (с. Єгорівка) до греблі ШВ № 1 (с. Алтестове), а також визначено, що:

- відмітки поверхні гребель становлять 3,0-4,1 м БС – ШВ № 1-4, та майже 10,7 м БС – ШВ № 5, а відмітки дна їх водопропускних споруд – від 7,6 м БС – ШВ № 5, до 0,3-2,0 м БС – ШВ № 1-4;

- при закритих водопропускних спорудах (трубах, шандорах, каналах) та максимальному наповненні всіх штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна об'єм акумульованої в них води приблизно становитиме 31,8 млн. м³, а загальна площа водної поверхні – 12,2 млн. м² (або 1,22 тис. га);

- стік води в руслі р. Свинна впродовж липня-листопада 2011 р. був відсутнім, що обумовлено як кліматичними умовами, так і повним перехопленням річкового стоку штучними водоймами (ставками, копанями та водосховищем) на ділянці від с. Бринівка до с. Отрадове (с. Болгарка).

4. В зв'язку з тим, що стаціонарні спостереження за водообміном між водоймами не виконуються, приплив-стік води через водопропускні споруди обчислювався з використанням гідравлічної формули Шезі-Маннінга. Порівняння обчислених витрат води з фактичними, показало, що різниця між ними становить менш ніж 10 %, тобто знаходиться в межах точності вимірювання витрати води поверхневими поплавцями.

5. Водозбір р. Свинна не вивчений у гідрологічному відношенні, через що визначення характеристик стоку цієї річки проводилося на основі розрахункових методик, розроблених в ОДЕКУ для Північно-Західного Причорномор'я.

6. Середньорічний приплив води з водозбірного басейну р. Свинна до верхньої частини Хаджибейського лиману (Палійовської затоки) у природних (непорушених водогосподарською діяльністю) умовах мав становити 8,3 мм або 7,23 млн. м³. Мінімальний 30-ти добовий стік р. Свинна у зиму та літню межінь дорівнює нулю. Максимальний стік однопроцентної забезпеченості у період весняного водопілля дорівнює 160 м³/с (для переходу до величин стоку іншої забезпеченості запропонований перехідний коефіцієнт λ_p).

7. У період літньо-осінньої межінь р. Свинна пересихає навіть у природних умовах, що пов'язано:

- з малою площею водозбору (русло річки прорізає поверхню суші на глибину недостатню для того, щоб глибокі водоносні горизонти могли розвантажуватись у нього);

- з інтенсивним використанням підземних вод для потреб населення (за даними паспорта річки 2,51 млн. м³ у рік);

- із зниженням поверхні залягання підземних вод, що сприяє більшому зануренню насичених водою сарматських горизонтів під молоді утворення, в яких зустрічаються незначні за дебітом водоносні горизонти.

8. Річка підлягає значному впливу водогосподарських перетворень, серед яких значне місце займають штучні водойми. За даними, наведеними у довідниках, відносна площа водної поверхні штучних водойм займає 0,52 % від площі водозбору. Така величина спроможна викликати зменшення норми річного стоку на 10 %. Окрім того, зростає багаторічна нерівномірність річного стоку, тобто у маловодні роки зменшення стоку під впливом додаткового випаровування з поверхні штучних водойм відбувається більш інтенсивно, ніж у багатоводні.

9. Значну роль у формуванні водного режиму річки відіграють зміни клімату: зростання температур повітря та зменшення опадів. Такий процес відбувається на протязі останнього десятиріччя. Якщо прийняти його як квазістаціонарний, тобто стійкий на протязі декількох десятиріч, то такому стану клімату буде відповідати середня багаторічна величина стоку, яка дорівнюватиме не 8,3 мм, а 5,8 мм, що дорівнює об'єму стоку 5,06 млн. м³, тобто річний приплив прісних вод зменшиться приблизно на 2 млн. м³.

10. За даними довідників сумарний об'єм штучних водойм становить приблизно 5,71 млн. м³. Якщо сумарний приплив у природних умовах становить 7,23 млн. м³, то він здатний забезпечити наповнення цих ставків і водосховищ. Проте, проведені ОДЕКУ в 2011 р. натурні гідроекологічні

дослідження показали, що сумарна площа водної поверхні тільки п'яти штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна становить 17,4 км², а їх сумарний об'єм при максимальному наповненні – 34,3 млн. м³. За таких умов зменшення норми річного стоку за рахунок додаткового випаровування з поверхні штучних водойм становитиме вже не 10 %, а 42 %. Заповнення цих водойм не гарантується щорічним припливом річки і можливе лише у багатоводні роки ($W = 30,2$ млн. м³ у рік 1 %-ої забезпеченості річного стоку). При розрахунках припливу води до нижньої рибогосподарської водойми (ШВ № 1 або ШРГВ), тобто із виключенням даних по площі його водної поверхні та об'єму водойми, площа водної поверхні вище розташованих ставків і водосховищ (ШВ № 2-5) від с. Бринівка до с. Болгарка (с. Отрадове) має становити 9,9 км², а сумарний об'єм цих ШВ буде становити 24,0 млн. м³.

11. Проведені розрахунки можливого впливу зрошування за рахунок води р. Свинна показали, що цей вид водогосподарської діяльності також може суттєво впливати на водний режим та гідроекологічний стан річки, навіть при відносно малих площах зрошування.

12. Для збереження стоку р. Свинна та забезпечення припливу прісних вод до верхньої частини Хаджибейського лиману, у тому числі до штучної рибогосподарської водойми Регіонального дослідно-експериментального комплексу в гирлі річки (ШВ № 1) та Палійовської затоки лиману, необхідно зменшити наслідки впливу водогосподарської діяльності шляхом ревізії існуючих штучних водойм і забезпечення їх заповнення водами річки-донора, наприклад, р. Дністер. В умовах глобального потепління існуючий рівень водогосподарської діяльності забезпечує руйнування водних ресурсів р. Свинна та значне погіршення гідроекологічного стану водойм верхньої частини Хаджибейського лиману, у тому числі в гирловій ділянці річки.

13. Аналіз стану кормової бази риб верхньої частини Хаджибейського лиману (Палійовської затоки) та штучної рибогосподарської водойми показав, що на сьогодні ці водойми можна віднести до категорії висококормних, сучасний стан біомаси та продукції основних груп кормових організмів здатний забезпечити вирощування в штучній рибогосподарській водоймі до 580 кг/га – кефалевих риб, та приблизно 650-770 кг/га – коропових риб (в основному білого товстолобика), при цьому значну додаткову продукцію (приблизно 300-350 кг/га) можуть дати бентофаги, у а саме – глоса та бички.

14. На сьогодні Хаджибейський лиман та його верхня частина уявляють собою солонувато-водні водойми, що в рівній мірі придатне для нагулу деяких стійких до підвищеної солоності прісноводних і солонуватоводних видів риб.

15. Вже на початку XXI ст. Хаджибейський лиман та водойми гирлової ділянки р. Свинна позбулися аборигенної іхтіофауни, а формування екосистеми верхньої частини лиману та рибного населення в основному залежало від гідрохімічного й водного режимів, які головним чином створювалися штучно.

16. Іхтіофауна водойм формувалася і формується, до теперішнього часу, шляхом штучного зарибнення. В Хаджибейському лимані, його Палійовській затоці та водоймах гирлової ділянки р. Свинна ведеться інтенсивний рибний промисел, а природне відтворення з різних причин (скорочення площ нерестовищ, осолонення, вселення у водойму видів, нерест яких в цих умовах не можливий) малоефективне, рибопродуктивність цих водойм впродовж останніх 20 років прямо залежала від об'ємів і якості зариблення.

17. Представляється доцільною реакліматизація у даних водоймах камбали глоси, яка може дати значну додаткову продукцію за рахунок використання малоцінних риб, в першу чергу бичка поматосхістуса і організмів зообентосу. Також перспективними об'єктами культивування в цих водоймах може служити російський осетер і бестер. Для підвищення рибопродуктивності водойм необхідно використовувати запаси цінних промислових риб, таких як бички, які на сьогодні промислом не використовуються, а запаси їх значні.

18. Задачі оптимізації рибогосподарського використання Хаджибейського лиману обов'язково повинні передбачати раціональне використання водойм його верхньої частини – Палійовської затоки та штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна, які є найважливішою складовою в формування біорізноманіття та високої рибопродуктивності лиману. Найважливішою задачею при цьому повинна стати реконструкція дамб і поновлення вільного водообміну між штучними рибогосподарськими водоймами, Палійовською затокою та відкритою акваторією лиману.

19. Покращення гідролого-гідрохімічного режиму водойм верхньої частини гідроекосистеми Хаджибейського лиману дозволить використовувати їх, як природне нерестовище піленгаса, глоси, бичків і креветки й ін., що в сполученні з поновленням роботи Палійовського риборозплідника забезпечить лиман достатніми об'ємами рибопосадкового матеріалу цінних об'єктів культивування (піленгаса, глоси, бичків і креветки тощо). Перспективним напрямком розвитку аквакультури у водоймах верхньої частини водної екосистеми Хаджибейського лиману може служити вирощування осетроподібних і камбали-калкана, які при нормалізації водообміну і підтримці солоності води в межах 6-11 ‰, цілком придатні для культивування.

20. Одним з перспективних аспектів використання водойм верхньої частини Хаджибейського лиману – Палійовської затоки та штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна, є будівництво тут системи штучних рифів. Формування біоти цих інженерних споруд дозволить не тільки значно збільшити чисельність і продукцію деяких видів риб, наприклад бичків, але й дозволить значно покращити екологічний стан всієї акваторії лиману. Формування на субстраті штучних рифів колоній двохстулкових молюсків (мідії, мітелястер й ін.) дозволить значно посилити очищення вод, крім того такий симбіоз буде сприяти підвищенню загальної кормності водойм.

21. Порівняльний аналіз існуючих систем біоіндикації показав, що таксоцен передімагіальних стадій двокрилих є одним з найбільш репрезентативних у відображенні широкого діапазону абіотичних умов водойм.

22. Деякі види личинок коротковусих двокрилих є переносниками бактеріальних, глисних, алергічних захворювань. А такі, як *Eristalis tenax* (*Syrphidae*), поселяються у легенях і дихальних шляхах людей та визивають захворювання на міаз. Тобто індикаторний таксоцен водяних двокрилих, крім оцінки екологічного стану водойм верхньої частини Хаджибейського лиману, має реальне медичне значення для місцевого населення.

23. На сьогодні, за даними досліджень ОДЕКУ в 2011 р., зареєстровано 58 видів двокрилих, які за своїми еколого-біологічними властивостями здатні відображати досить великий спектр гідроекологічних параметрів, таких як характер і інтенсивність донних відкладень, ступені осолонення вод, рівні органічного забруднення тощо.

24. За галобністю індикаторний таксоцен двокрилих в досліджених водойм представлено трьома категоріями – галофобами (5,2 %), галотолерантними видами (48,3 %) і галобіонтами, приуроченими виключно до солоних вод (36,2 %).

25. За приуроченістю до типу ґрунтів переважають комплекси, пов'язані з мулами (пелофільний і пело-псамофільний) – 85,4 % (від загального складу таксоцену), а кількість видів, пов'язаних з чистими незамуленими ґрунтами (аргілофіли, псамофіли, псамо-аргілофіли та псамо-петробіонти) незначна – 14,6 %, що вказує на тотальне замулення дна водойм.

26. Для літорального комплексу характерною ознакою є перевага пелофільного та евриедафічного компоненту з підвищеною вагою індиферентів і мезогалобів на мулистих ґрунтах та підвищеною питомою вагою оліго-мезогалобів й олігогалобів серед евриедафобіонтів. Для супраліторального комплексу характерним є більше різноманіття бенто-епіфітів з перевагою мезогалобних пело-псамофілів і евриедафічних олігогалобів. Така структура таксоцену двокрилих лягла в основу контролю динаміки спільноти як відправна точка до подальшого моніторингу.

27. За параметрами складу індикаторного таксоцену головну складову бентобіонтів представляють евриедафобіонти та псамо-пелофіли з присутністю незначної частки пелофілів, що свідчить про сукцесію заміщення псамо-пелофільного комплексу (псамофільний в бенталі вже відсутній) на пелофільний через проміжний евриедафобіонтний. Для супраліторалі характерний однорідний евриедафічний бенто-епіфітний комплекс при відсутності псамофілів, які за нормальних умов є типовим. Ця обставина свідчить про порушення екологічної рівноваги, яка пояснюється динамікою осолонення, коли, наприклад, галофільна фауна неминуче заміщується галотолерантними видами при опрісненні та навпаки.

28. В 2011 р. таксоцен *Diptera* було представлено в основному галотолерантними видами з числа індиферентів з залишками прісноводних олігогалобів і незначною часткою солелюбних оліго-галофілів. Тобто фауна не є типово солоноводною та не є прісноводною, а складається з галотолерантів, характерних для розбалансованих умов за параметром солоності. Відмінність стану Палійовської затоки від лиману в тому, що в ній олігогалоби заміщені на оліго-галофілів, що свідчить про тенденцію до підвищення солоності.

29. ШВ № 1 за структурою індикаторів зберігає тенденцію до осолонення, але присутність олігогалобів і мезогалобів вказує наявність прісноводних зон, де можна очікувати виходи помірно мінералізованих підземних або стабільний приток прісних поверхневих вод. Бентобіонти складені з видів тісно пов'язаних з мулами або з широким діапазоном едафотолерантності при виключному домінуванні галобіонтів. Така структура бентобіонтного комплексу віддзеркалює наявність замулення при тотальному осолоненні донних відкладень.

30. ШВ № 2 характеризується як водойма з сформованою галобіонтною гідрофауною, складеною з галобіонтів в тому числі таких що приурочені до гіпергалінних вод. За цими ознаками та високою питомою вагою пелофілів водойму можна віднести до солоної з високим рівнем замулення.

31. ШВ № 4/1 має загальний прісноводний фон при високому рівні органічного забруднення вод (домінування оліго-мезогалобів в даних умовах є показником гіперсапробності вод). ШВ № 4/2 також має прісноводний фон з великою питомою вагою олігогалобів та індиференти пелофільних й евриедафічних угруповань. Цей вид структурованості вказує на перевагу в бенталі мулистих донних відкладень.

32. ШВ № 5 характеризується збідненим видовим складом таксоцену та збідненим складом за різноманіттям життєвих форм. Особливістю є склад таксоцену, притаманних стічним водам.

33. Показником гідроекологічного стану штучних водойм, відокремлених від Палійовської затоки греблями з шандорами, є солоність їх вод. Наближення солоності вод в штучних водойм до солоності вод Хаджибейського лиману свідчить про інтенсивний водообмін між лиманом і водоймами, наслідком якого є зближення показників якості вод у лимані та штучних водоймах.

34. Інтенсивність водообміну між Палійовською затокою та штучними водоймами, через шандори в греблях, визначається швидкістю й напрямком вітру, їх мінливістю, а також відміткою рівня води в Хаджибейському лимані. Інтенсифікації водообміну сприяють сильні вітри перемінного напрямку, які ініціюють значні згінно-нагінні коливання рівня води в лимані, а також високі відмітки середнього рівня води у лимані. За наявністю водообміну з Палійовською затокою, сезонна динаміка солоності вод ШВ влітку визначається їх початковим солезапасом, який формується наприкінці весни.

35. За умови збереження сучасної пропускної спроможності шандорів у греблях, яка була досягнута після їх розчистки влітку 2011 р., при початковій солоності вод в штучних водоймах 15 ‰, солоності лиманних вод 6 ‰, за період з 1 червня до 30 вересня, при слабких вітрах, внаслідок водообміну з Палійовською затокою та інтенсивного випаровування, солоність вод в південній частині ШВ № 1 (рибогосподарській водоймі Регіонального дослідно-експериментального комплексу) зменшиться до 14,5 ‰, а в її північній частині – до 13 ‰, тоді як в ШВ № 2 – збільшиться до 19-23 ‰ (в залежності від відмітки рівня води в лимані). При інтенсивних вітрах, які спостерігались, наприклад, влітку 2001 р., солоність води в ШВ № 1 зменшилася б до 10-11 ‰, але в ШВ № 2 вона збільшилася б, як і при слабких вітрах, приблизно до 20 ‰.

36. У разі, коли початкова солоність вод в ШВ на початку літа дорівнює солоності вод лиману і складає 6 ‰, за період з 1 червня до 30 вересня, навіть при слабких вітрах, солоність вод в ШВ № 1 підвищиться лише до 6,5-7,0 ‰, а в ШВ № 2 – до 7,5-10,0 ‰ (в залежності від рівня води в лимані).

37. При відсутності водообміну між ШВ № 1 і ШВ № 2 влітку, до кінця вересня, внаслідок інтенсивного випаровування, солоність води у ШВ № 2 може збільшитися до 40 ‰, а в ШВ № 1, навпроти, знизиться на декілька проміле, у порівнянні з варіантом наявності водообміну, за рахунок відсутності притоку вод з високою солоністю з ШВ № 2.

38. Рекомендується підтримувати роботу та пропускну спроможність шандорів у греблях на протязі всього року. Зокрема, це буде сприяти наближенню значень солоності й показників якості води Палійовської затоки Хаджибейського лиману та штучних водойм гирлової ділянки р. Свинна до початку вегетаційного періоду, внаслідок посилення вітрів, збільшення амплітуди згінно-нагінних коливань рівня води і відсутності випаровування в осінньо-зимовий період року.

39. За класифікацією О.О. Альокіна води водойм екосистеми верхньої частини Хаджибейського лиману (гирлової ділянки р. Свинна та Палійовської затоки) переважно відносяться до хлоридного класу групи натрію III типу, за виключенням ШВ № 4/1 та № 4/2, води яких відносяться до хлоридно-сульфатного класу групи магнію.

40. В липні 2011 р. за мінералізацією вода рибогосподарської водойми була солонувато-солонна полі-еугалінна (5 категорії), за прозорістю, *pH* та розчиненим киснем – належала до 6-7 категорій, за трофністю – була гіпертрофною (7 категорія), тобто якість води була за станом – «погана» та «дуже погана», за ступенем забрудненості (чистоти) – «брудна» та «дуже брудна», за трофністю – «гіпертрофна», за сапробністю – «полісапробна». Значна відмінність (в 3-5 разів) між солоністю води Хаджибейського лиману (6,0-6,5 ‰) та штучною рибогосподарською водоймою (14-30 ‰) викликана

відсутністю припливу поверхневих вод з водозбірного басейну р. Свинна та порушенням водообміну між Палійовською затокою Хаджибейського лиману і цією рибогосподарською водоймою.

41. За офіційною методикою екологічної оцінки якості води в листопаді 2011 р. для водойм верхньої частини Хаджибейського лиману встановлено:

– за сольовим блоком більшість ШВ відноситься до V групи (7 категорія), тобто вода за станом оцінюється як «дуже погана», за чистотою – як «дуже брудна», тільки у ШВ № 4/2 і Палійовській затоці вода за станом «посередня» і «погана», за чистотою – «помірно забруднена» і «брудна» відповідно;

– за трофо-сапробіологічним блоком більшість ШВ відноситься до III класу (категорія 4-5), тобто вода за станом оцінюється від «задовільної» до «посередньої», за чистотою від «слабко забруднених» до «помірно забруднених», тільки стан Палійовської затоки і прилеглої до неї частини ШВ № 1 є трохи кращім;

– комплексна оцінка за величиною інтегрального (екологічного) індексу свідчить, що екосистема Палійовської затоки і ШВ № 4/2 характеризуються III класом (категорія 5), тобто води за станом є «посередні», за чистотою – «помірно забруднені», за трофністю (біопродуктивністю) – еволітрофні, за сапробністю (забрудненістю органічними речовинами) – α' -мезосапробні.

42. За результатами оцінки якості води за методом Гідрохімічного інституту (м. Ростов на Дону, Росія), яка виконувалась для 12 гідрохімічних показників рибогосподарських нормативів ГДК (ГДК_{р-г}) в листопаді 2011 р., встановлено:

– у воді Палійовської затоки та ШВ № 1 перевищення ГДК_{р-г} фіксувались по магнію, натрію та калію, сульфатам, хлоридам, мінералізації, нітратам, твердості; кратність перевищення складала у воді ПЗ – від 1·ГДК_{р-г} до 10·ГДК_{р-г}, по всім переліченим показникам, у воді ШВ № 1 – до 28,6·ГДК_{р-г} (хлориди);

– у воді ШВ № 2 на ГХС зафіксовано замор риби (нестача кисню у 3,66 разів від норми), перевищення ГДК_{р-г} по магнію – у 32 рази, натрію-калію – у 54 рази, хлоридам – у 43 рази, мінералізації – у 27 разів, нітратам – у 7,6 разів, твердості (загальній) – у 11 разів;

– у воді ШВ № 3 відзначено незадовільний кисневий режим, перевищення ГДК_{р-г} по головним іонам – від 9 до 99 разів, нітратам – у 7,2 рази, амонію – у 6,6 разів, твердості – у 32 рази;

– у воді ШВ № 4 виявлено, що у відокремленій частині – ШВ № 4/1, якість води гірша, ніж у основній акваторії – ШВ № 4/2, (перевищення по головним іонам – від 1,8 до 35 разів, відсутність кисню та замор риби, перевищення по амонію сольовому – 4·ГДК_{р-г}, по твердості – 26,6·ГДК_{р-г};

– у воді ШВ 4/2 перевищення по головним іонам – до 9,24·ГДК_{р-г}, по нітратам – 6,95·ГДК_{р-г}, по твердості – 4,9·ГДК_{р-г}.

43. Результати визначення класу якості та забрудненості води окремими речовинами дозволяють зробити висновок, що в 2011 р. за хімічним складом води ШВ гирлової ділянки р. Свинна не можуть бути безпечно використані для рибогосподарських потреб без ризику для риб та кінцевого споживача – людини. Обмежений водообмін і накопичення забруднювальних речовин в умовах відсутності припливу води з водозбірною басейну річки та інтенсивного випаровування з водної поверхні водойм призводять до посиленого «цвітіння» синьо-зелених й інших фітопланктонних водоростей, накопичення органічних і токсичних речовин, дефіциту (відсутності) розчиненого у воді кисню, а отже – деградації водойм екосистеми гирлової ділянки р. Свинна. Усунення впливу речовин ЛОЗ, відновлення річкового стоку та підтримка водообміну з основною акваторією Хаджибейського лиману дозволить поліпшити екологічну ситуацію.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Природа Одесской области. Ресурсы, их рациональное использование и охрана. – К.: Вища шк., 1979. – 143 с.
2. Національний атлас України. – К.: ДНВП «Картографія», 2007. – 440 с.
3. Паспорт реки Свиная. – Одесса: Укрюжгипроводхоз, 1992. – 110 с.
4. Коротун І.М., Коротун Л.К., Коротун С.І. Природні умови та ресурси України: Навчальний посібник. – Рівне, 2000. – 192 с.
5. Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л. Гідрогеологія України: Навчальний посібник. – К.: Інкос, 2009 – 612 с.
6. Швєбс Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник. – Одеса: Астропринт, 2003. – 392 с.
7. Паспорт реки Малый Куяльник. – Одесса: Укрюжгипроводхоз, 1992. – 130 с.
8. Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б.И. Стрельца. – К.: Урожай, 1987. – 304 с.
9. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоёмов Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с.
10. Супутникові знімки та карти поверхні Землі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://maps.google.com> (станом на 24 липня 2011 року).
11. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1980 г. Ч. 1 и 2. Т. 2 Вып. 1. Бассейн Чорного и Азовского морей (без Кавказа). Бассейны р. Днестр и рек между бас. рр. Днестр и Днепр. – К.: 1982. – 306 с.
12. Техническое дело гидрологического поста «лим. Хаджибейский – с. Усатово». – Одесса: ГМС, 2009. – 26 с.
13. Алёкин О.А. Общая гидрохимия (химия природных вод). – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 208 с.
14. Алёкин О.А. Основы гидрохимии: Учебное пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
15. Алёкин О.А., Семёнов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 272 с.
16. 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.
17. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Гидрологические наблюдения на озёрах и водохранилищах. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. – Вып. 7. – Ч. 1. – 240 с.
18. ГОСТ 4266-67. Шкала цветности воды (описание и инструкция по эксплуатации). – Л., 1974. – 4 с.

19. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоёмов Украины: Монография. – К.: Наук. думка, 2006. – 384 с.
20. Розенгурт М.Ш. Динамика вод и основы оптимального использования лиманов Северо-Западного Причерноморья. Охрана рыбных запасов и увеличение продуктивности водоёмов. – Одесса, 1970. – 112 с.
21. Розенгурт М.Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. – К.: Наук. думка, 1974. – 225 с.
22. Полищук В.С., Замриборщ Ф.С., Тимченко В.М. Лиманы Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 220 с.
23. Воля Е.Г. Піленгас як можливий чинник зниження видової різноманітності в Азово-Чорноморському басейні. – Одесса: ОФ ИБЮМ НАН Украины, 1999. – 5 с.
24. Вовк П.С. Биология дальневосточных растительноядных рыб и их хозяйственное использование в водоёмах Украины. – К.: Наук. думка, 1976. – 235 с.
25. Приходько В.А., Носаль А.Ф., Балан А.І., Демченко І.Ф. Рекомендации по биотехнике разведения и выращивания растительноядных рыб. – К., 1972. – 82 с.
26. Юрченко Ю.Ю. Роль солоноватых водоемов одесской области в формировании разнообразия гидробионтов // Екологічні проблеми Чорного моря: Матер. 5-го міжнар. симпозіуму, м. Одеса, 30-31 жовтня 2003 р. – Одеса, 2003. – С. 438-442.
27. Гринбарт С.Б. Изучение фауны причерноморских лиманов, ее генезиса и проникновения новых элементов // Тр. Одес. ун-та. Сер. геол. и геогр. наук. – 1962. – Вып. 9. – С. 167-173.
28. Маринич А.М. Теоретическое обоснование классификации ландшафтов и физико-географического районирования Украины // Природа Украинской ССР. Ландшафты. – К.: Наук. думка, 1985. – С. 22-30.
29. Афанасьев Д.Н., Билык Г.И., Кистяковский А.Б., Котов М.И. Растительный и животный мир юга Украинской ССР и северного Крыма. – К.: АН УССР, 1952. – 88 с.
30. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 34. – С. 1130-1167.
31. Закон України «Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки» // Відомості Верховної Ради України. – 2000. – № 47. – С. 954-977.
32. Закон України «Про екологічну мережу України» // Відомості Верховної Ради України. – 2004. – № 45. – С. 502.
33. Пащенко В.М. Степная зона // Природа Украинской ССР: Ландшафты. – К.: Наук. думка, 1985. – С. 122-179.

34. Маринич А.М. О ярусности рельефа равнин (на примере Украины) // XIX междунар. геогр. конгр. в Стокгольме: тез. межд. науч. конф. – М., 1961. – С. 155-159.
35. Дидух Я.П., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Геоботаничне районування України та суміжних територій // Укр. Ботан. Журн. – 2003. – Т. 60. – № 1. – С. 6-17.
36. Физор Н.С. Экспресс-оценка степных лекарственных растений по фитоценоотическому рангу (ресурсоведческие исследования) // Провизор. – 2007. – № 13 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nbugov.ua>.
37. Гринбарт С.Б., Стахорская И.И. К изучению фауны Хаджибейского лимана // Науч. ежегодник Одес. ун-та. – 1960. – Вып. 2. – С. 151-154.
38. Замбриборщ Ф.С. Экологическая и рыбохозяйственная характеристика современного состояния лиманов Северо-Западного Причерноморья // Науч. ежегодник Одес. ун-та. – 1960. – Вып. 2. – С. 103-107.
39. Мороз Т.Т., Боршкевич Л.В., Собоченко А.З. О донных биоценозах Хаджибейского лимана и методах их выделения // Гидробиологические исследования пресных вод. – К.: Наук. думка, 1985. – С. 116-120.
40. Полищук В.С. Первичная продукция Хаджибейского лимана // Гидробиологические исследования на Украине в XI пятилетке: Тез. докл. V конф. укр. фил. ВГБО, г. Киев, 2-4 апреля 1987 г. – К., 1987. – С. 128-129.
41. Travyanko V.S., Popivshchaya I.L. Zooplankton in rivermouths and the upper parts of saline limans in the northwest Black Sea coastal region // Hydrobiological Journal. – 1981. – Vol. 17, № 5. – P. 20-25.
42. Григорьев Б.Ф., Гожик П.Ф. Геологическая история Черного моря и происхождение «каспийской» фауны открытых лиманов Северо-Западного Причерноморья // Гидробиол. журн. – 1976. – № 5. – С. 5-12.
43. Гончаров А.Ю., Юрченко Ю.Ю., Зотов А.В. Первичная продукция фитопланктона и гидрохимические условия водоёмов Палиевского залива Хаджибеевского лимана // Екологічні проблеми Чорного моря: Матер. 4-го міжнар. симпозіуму, м. Одеса 31 жовтня – 1 листопада 2002 р. – Одеса, 2002. – С. 64-68.
44. Гидрологическая изученность. РПВ СССР. Т. 6. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия. / Под ред. Б.М. Штейнгольца. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 248 с.
45. Спицын И.П., Соколова В.А. Общая и речная гидравлика. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 360 с.
46. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 448 с.
47. Карасёв И.Ф., Васильев А.В., Субботина Е.С. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 376 с.
48. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 335 с.

49. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.
50. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях). – К.: КНТ, 2005. – 188 с.
51. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 75 с.
52. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В., Белоненко Г.В., Плотников Ю.Н., Полисадов С.Д. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края / Под ред. В.С. Мезенцева. – М.: Колос, 1974. – 240 с.
53. Мезенцев В.С. Расчеты водного баланса: учебное пособие. – Омск, 1976. – 76 с.
54. Гопченко Є.Д., Лобода, Н.С. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплового балансу // Наук. праці УкрНДГМІ. – Київ. – 2001. – С. 106-120.
55. Бефани А.Н. Пути генетического определения нормы стока. – Научный ежегодник ОГУ. – Одесса. – 1957. – 125 с.
56. Лобода Н.С. Системный подход и функции отклика гидрологической системы на антропогенные воздействия при математическом моделировании бытового стока // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – Одеса. – 2004. – Вип. 48. – С. 416-424.
57. Loboda N.S. & Phan Van Chinnh. Statistical modelling and estimating the irrigation and man-made effect on annual runoff and water resources // GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment (proceedings of ICGRHWE held Tree Gerges Dam, Chine). – 2004. – IAHS Publication 289 in the IAHS Series of Proceedings and Reports. – P. 215-218.
58. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України: Довідковий посібник. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
59. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
60. Лобода Н.С., Шахман І.О. Функції відгуку водогосподарських систем Нижнього Подніпров'я на зрошення сільськогосподарських масивів водами Дніпра // Вісник Одеського державного екологічного університету. – Одеса. – 2006. – Вип. 3. – С. 175-181.
61. Шахман І.О., Лобода Н.С. Застосування імітаційної стохастичної моделі річного побутового стоку до оцінки стану водних ресурсів Нижнього Подніпров'я в умовах водогосподарської діяльності // Український гідрометеорологічний журнал. – Одеса. – 2009. – №5. – С. 192-197.

62. Гребінь В.В. Регіональний ландшафтно-гідрологічний аналіз сучасного водного режиму річок України: дис. д. геогр. н., 11.00.07. – К., 2010. – 440 с.
63. Бефани А.Н. Новый метод расчёта максимальных ливневых расходов условиях степной полосы Украины // Труды ОГМИ. – Одесса. – 1956. – Вып. XII. – С. 179-206.
64. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 303 с.
65. Гопченко Е.Д., Сенченкова Т.А. Обоснование методики расчёта максимальных расходов дождевых паводков на реках юга Украины // Труды УкрНИГМИ. – Киев. – 1980. – Вып. 183. – С. 34-44.
66. Справочный документ CEEweb: Пятая межправительственная конференция «Биоразнообразии в Европе», 22-24 сентября 2009 г., Льеж, Бельгия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ceeweb.otg>.
67. Carignan V., Villard M. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review // Environmental Monitoring and Assessment. – 2002. – Vol. 78. – P. 45-61.
68. Niemeijer D. Grool R.S. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets // Ecological indicators. – 2008. – P. 14-25.
69. Wright J.F., Moss D., Armitage P.D., Furse M.T. A preliminary classification of running-water sites in Great Britain based on macro-invertebrate species and the prediction of community type using environmental data // Freshwater Biology. – 1984. – Vol. 14. – P. 221-256.
70. Calow P. Can ecosystems be healthy Critical consideration of concepts // Journal of Aquatic Ecosystem Health. – 1992. – Vol. 1. – P. 1-5.
71. Karr J.R., Chu E.W. Sustaining living rivers // Hydrobiologia. – 2000. – Vol. 422, 423. – P. 1-14.
72. Баканов А.И. О некоторых методологических вопросах применения системного подхода для изучения структур водных экосистем // Биология внутренних вод. – 2000. – № 2. – С. 5-19.
73. Woodiwiss F.S. The biological system of stream classification used by the Trent River Board // Chemistry and Industry. – 1964. – Vol. 11. – P. 443.
74. Hilsenhoff W.L. An improved biotic index of organic stream pollution // Great Lakes Entomologist. – 1987. – Vol. 20. – P. 31-39.
75. De Pauw N., Vannevel R. Macroinvertebrates and water quality. – Antwerp, 1993. – 316 p.
76. Leeds-Harrison P.B., Quinton J.N., Walker M.J. Harrison K.S., Tyrrel S.F., Morris J., Mills H.T. Buffer Zones in headwater catchments: Report on MAFF // English Nature Buffer Zone Project CSA 2285: Cranfield University. – Silsoe, 1996. – 22 p.

77. Skriver J., Friberg N., Kirkegaard J. Biological assessment of watercourse quality in Denmark: Introduction of the Danish Stream Fauna Index (DSFI) as the official biomonitoring method // Verh. Internat. Verein. Limnol. – 2001. – Vol. 27. – P. 34-40.
78. Morpurgo M. Confronto fra indice saprobico e indice biotico esteso // *Biologia Ambientale*. – 1996. – № 2/3. – P. 30-36.
79. Sharma S., Moog O. The applicability of biotic indices and scores in water quality assessment of Nepalese rivers // Proceedings of the Ecohydrology Conference on High Mountain Areas, Kathmandu: Nepal, 1996. – P. 641-657.
80. Pinder L.V., Farr I.S. Biological surveillance of water quality // *Archiv fur Hydrobiologie*. – 1987. – Vol. 109. – P. 619-637.
81. Кривошеина М.Г. Роль водной среды в становлении отряда двукрылых (*Insecta, Diptera*) // *Russian Ent. J.* – 2005. – V. 14, № 1. – P. 29-40.
82. Шванвич Б.Н. Курс общей энтомологии: учебное пособие. – М.-Л.: Советская Наука, 1949. – 900 с.
83. Тыщенко В.П. Физиология насекомых: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1986. – 304 с.
84. Rozkošný R. A. Biosystematic study of the European Stratiomyiidae (*Diptera*). – The Hague-Boston-London, 1982. – 402 p.
85. Papp L. & Darvas B. Contributions to a Manual of Palaearctic *Diptera* (Higher Brachycera) // *Science Herald*. – Budapest, 1998. – V. 3. – 880 p.
86. Кривошеина М.Г. Морфология преимагинальных фаз и биологии *Cnestrum lepidopes Beck.* и *Brachydeutera ibari Ninomyia (Diptera, Ephydriidae)* // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1988. – Т. 93, Вып. 3. – С. 49-54.
87. Лобкова Л.Е., Лобков Е.Г. Экологические связи насекомых в биогеоценозах термальных полей Узона и Долины гейзеров и некоторые вопросы охраны термальных биогеоценозов // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Докл. III научн. конф., Петропавловск-Камчатский, 26-27 октября 2002 г. – П.-К., 2003. – С. 87-99.
88. Gerardi M.H., James G.K. Insects associated with wastewater treatment: their role and control // *Public works for October*. – 1983. – P. 60-63.
89. Наталюк Н.Т., Шиманский Б.А. Гидрохимический режим водохранилища-охладителя Добротворской ГРЭС и р. Западный Буг // *Гидрохимия и гидробиология тепловых электростанций СССР*. – К.: Наук. думка, 1971. – С. 85-95.
90. Коненко А.Д., Абремская С.И., Кутовенко В.М. Характеристика гидрохимического режима водоемов-охладителей ГРЭС Украины // *Гидрохимия и гидробиология тепловых электростанций СССР*. – К., 1971. – С. 57-73.

91. Лаумянскас Г.А., Снукишкис Ю.Ю. Режим биогенных элементов, органических веществ и газового состава водохранилища-охладителя Литовской ГРЭС // Гидрохимия и гидробиология тепловых электростанций СССР. – К., 1971. – С. 101-110.

92. Шаларь В.М., Яловицкая Н.И. Развитие фитопланктона в Кучурганском лимане – охладителе Молдавской ГРЭС // Гидрохимия и гидробиология тепловых электростанций СССР. – К., 1971. – С. 117-136.

93. Суценыя Л.М. Рост водных животных в условиях колеблющихся температур // Труды Всесоюзного гидробиологического общества. – 1978. – Т. 22. – С. 140-150.

94. Булгаков Н.Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды: обзор существующих подходов // Успехи современной биологии. – 2002. – Т. 122. – № 2. – С. 115-135.

95. Балущкина Е.В. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах. – Л.: Наука, 1987. – 179 с.

96. Балущкина Е.В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озерных экосистем на изменение биот. и абиот. условий: Тр. ЗИН РАН. – С.-П., 1997. – Т. 272. – С. 266-292.

97. Криволицкий Д.А., Шаланки Я.Г., Гусев А.А. Введение. Международное сотрудничество в области биоиндикации антропогенных изменений среды // Биоиндикация и биомониторинг. – М.: Наука, 1991. – С. 5-9.

98. Голубков С.М. Функциональная экология личинок амфибиотических насекомых // Тр. ЗИН РАН. – 2000. – Т. 284. – 294 с.

99. Каширская Е.В. Зависимость интенсивности газообмена личинок хирономид от концентрации кислорода в среде // Науч. докл. высш. шк. биол. наук. – 1972. – № 6. – С. 7-12.

100. Johnson R.K., Wiederholm T., Rosenberg D.M. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates // Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. – 1993. – P. 40-158.

101. Baune B.L. Measuring the biological effects of pollution // The Mussel Watch approach. Water Sci. Technol. – 1989. – V. 21. – P. 1089-1100.

102. Thienemann A. Chironomus Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomus // Die Binnenge wasser. – 1954. – Bd. 20. – 834 s.

103. Wiederholm T. Chironomids as indicators of water quality in Swedish lakes // Naturvardsverkets Limnologistika Undersokningar. – 1976. – V. 10. – P. 1-17.

104. Wiederholm T. Use of benthos in lake monitoring // J. Water Pollut. Contr. Fed. – 1980. – V. 52. – P. 537-547.

105. Gerstmeier R. Lake typology and indicator organisms in application to the profundal chironomid fauna of Starnberger See (*Diptera, Chironomidae*) // Arch. Hydrobiol. – 1989. – V. 116. – P. 227-234.
106. Shindler D.W. Experimental studies of chemical stressors on whole lake ecosystems // Verh. Intern. Verein. Limnol. – 1988. – V. 23. – P. 11-41.
107. Davies I.J. Relationships between dipteran emergence and phytoplankton production in the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1980. – V. 37. – P. 523-533.
108. Wiederholm T. Responses of aquatic insects to environmental pollution // The Ecology of Aquatic Insects. – 1984. – P. 508-557.
109. Resh V.H., Jackson J.K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates // Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. – 1993. – P. 195-233.
110. Баканов А.И. Использование комбинированных индексов для мониторинга пресноводных водоемов по зообентосу // Водные ресурсы. – 1999. – Т. 26. – № 1. – С. 108-111.
111. Балущкина Е.В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озерных экосистем на изменение биот. и абиот. условий: Тр. ЗИН РАН, 1997. – Т. 272. – С. 266-292.
112. Балущкина Е.В. Структура сообществ донных животных и оценка экологического состояния р. Ижоры: влияние гидрофизических и гидрохимических параметров воды // Биол. внутр. вод. – 2003. – № 1. – С. 74-80.
113. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
114. Зинченко Т. Д. Биондикация как поиск информативных компонентов водных экосистем (на примере хирономид – *Diptera, Chironomidae*) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – М., 2005. – Вып. 3. – С. 338-359.
115. Протасов А. А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсикология. – К.: Наук. думка, 2002. – 105 с.
116. Leppakows M. E. Monitoring the benthic environment of organically polluted river mouth biological monitoring of inland fisheries // Applied Science Publ. – 1977. – P. 125-132.
117. Pearson T., Rosenberg R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment // Oceanography and Marine Biology Annual Review. – 1978. – V. 16. – P. 229-311.
118. Wilson J. G., Jeffrey D. W. Europe wide indices for monitoring estuarine pollution // Jeffrey Biological indicators of pollution. – Dublin: Royal Irish Academy, 1987. – P.225-242.

119. Алёмов С.В., Осадчая Т.С. Индекс «биологического качества» в оценке экологического состояния прибрежных акваторий // *Ekologiya Morya*. – V. 66. – P. 7-11.

120. Сон М.О. Концептуальные подходы к применению экологических индикаторов для мониторинга черноморских экосистем // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*: Сб. науч. тр. НАН Украины, МГИ, ИГН, ОФ ИнБЮМ. – Севастополь, 2008. – С. 320-326.

121. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа фаунистических исследований. – М.: Наука, 1982. – 287 с.

122. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). – М.: Колос, 1973. – 356 с.

123. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. – Минск: Высш. школа, 1973. – 320 с.

124. Кокрен У. Методы выборочного исследования. – М.: Статистика, 1976. – 440 с.

125. Rozkosny R. The Stratiomyidae (*Diptera*) of Fennoscandia and Danmark. – *Fauna entomol. Scandinavica*, 1973. – 140.

126. Rozkošný, R. A Biosystematic Study of The European Stratiomyidae (*Diptera*). – The Hague: Series Entomologica, 1983. – 431 p.

127. Андреева Р. В. Определитель личинок слепней Европейской части СССР, Кавказ, Средняя Азия. – К., 1990. – 170 с.

128. Лутта А.С., Быкова Х.И. Слепни Европейского Севера СССР. – Л., 1982. – 183 с.

129. Нарчук Э.П. Двукрылые насекомые // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – С.-П., 2000. – С. 309-315.

130. Niesiolowski S. Empididae aquatica (Insecta: *Diptera*). – Warszawa, 1992. – 128 s.

131. Vaillanl F. Revision des Empididae Hemicrodromiinae de France, d'Espagne et d'Afrique du Nord (*Dipt.*) // *Ann. Soc. France*. – 1964. – 133. – P. 153-171.

132. Кузнецов С.Ю. Личинки 1 возраста мух-журчалок (*Diptera, Syrphidae*) подсемейств Pipizinae и Eristalinae // *Природа и музей*. – 1992. – Вып. 4. – С. 24-43.

133. Dixon T.J. Key to and descriptions of the third instar larvae of some species of Syrphidae (*Diptera*) occurring in Britain // *Trans. R. ent. Soc.* – 1960. – 112. – P. 345-379.

134. Hartley J.C. A taxonomic account of the larvae of some British Syrphidae // *Proc. zool. Soc.* – 1961. – 136 (4). – P. 505-573.

135. Kuznelzov S.Y., Kuznetzova N.V. Descriptions of unknown larvae and pupae of some aquatic Syrphidae (*Diptera*) species from the genera *Neoascia*, *Orihonevra*, *Chrysogasier*. *Anasimyia* and *Erisialis* // *Int. J. Dipterological Research*. – 1994. – 5 (4). – P. 271-288.

136. Kuznetsov S.Y., Kuznetzova N.V. Descriptions of unknown larvae and pupae of some aquatic species of Syrphidae (*Diptera*) from the genera *Conosyrphus*, *Malloia* and *Mvafhropa* // *Int. J. Dipterological Research*. – 1995. – 6 (2). – P. 135-142.

137. Maibach A., Goeldlin de Tiefenau P., Speight M.C.D. Limites generiques et caracteristiques morphologiques de plusieurs genres de la tribu des *Chrysogasterini* (*Diptera*, *Syrphidae*). I. Diagnoses generiques et description de *Riponnensia* gen. nov. // *Annl. Soc. em. Fr.* – 1994. – 30 (1) – P. 217-247.

138. Нарчук Э.П. Определитель семейств двукрылых насекомых фауны России и сопредельных стран (с кратким обзором семейств мировой фауны). – С.-П.: Зоологический институт РАН, 2003. – 253 с.

139. Озеров А.Л. Мухи-муравьевидки (*Diptera*, *Sepsidae*) фауны России // Труды Зоологического музея МГУ. – М., 2003. – С. 182.

140. Skidmore P. The biology of the Muscidae of the World. – Dordrecht., 1985. – 550 p.

141. Ferrar P. A guide to the breeding habits and immature stages of *Diptera Cyclorrhapha*. – Leiden, 1987. – 907 p.

142. Hennig W. Muscidae. in: Lindner E. Die Fliegen der palaearktischen Region. – Stuttgart, 1955-1964. – 1110 s.

143. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства *Othoclaadiinae* фауны СССР (*Diptera*, *Chironomidae* – *Tendipedidae*). – Л.: Наука, 1970. – 343 с.

144. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейств *Podonominae* и *Tanypodinae* фауны СССР (*Diptera*, *Chironomidae* – *Tendipedidae*). – Л.: Наука, 1977. – 154 с.

145. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства *Chironominae* фауны СССР (*Diptera*, *Chironomidae* – *Tendipedidae*). – Л.: Наука, 1983. – 296 с.

146. Wiederholm T. (Ed.). *Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses*. Part 1. Larvae. *F. nt. scand. Suppl.* 457 p; Part 2. Pupae. *Em. scand. Suppl.* 28, 482 p; Part 3. Adult males. – Tallinn: *Em. scand. Suppl.*, 1983-1989. – 532 p.

147. Савченко Е.Н. Комары-лимонииды (общая характеристика, подсемейства педициины и гексатомины). – К., 1986. – 380 с.

148. Rindler A. The larvae and pupae of the British *Cylindroiininae* and *Limoniinae* (*Diptera*, *Tipulidae*) // *Trans. Soc. Brit. entomol.* – 1967. – 17 (7). – P. 151-216.

149. Глухова В.М. Личинки мокрецов подсемейств Palpomyiinae и Cerialopogoninae фауны СССР. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1979. – 225 с.
150. Глухова В.М. Кровососущие мокрецы родов *Culicoides* и *Forcipomyia* (Cerialopogonidae). – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1989. – 406 с.
151. Kettle D.S., Tawson J.W.H. The early stages of British biting midges *Culicoides* Latreille (Diptera: Cerialopogonidae) and allied genera // Bull. Ent. Res. – 1952. – 43 (3). – P. 421-467.
152. Mayer K. Die Metamorphose der Cerialopogonidae (Dipt.). F. in Beitrag zur morphologic, systematik. Okologie und Biologie der Jugendsladien dieser Dipterenfamilie // Arch. Naturgesch. – 1934. – 3. – S. 205-288.
153. Kolbe R. Zur Okologie, Morphologie und Sistematik der Brackwasser Diatomeen: Pflanzenforschung. – 1927. – 7. – 146 s.
154. Hustedt F. Die Diatomeenflora des Flusystems der Weser im Gebiet der Hansestadt // Abhandlungen Naturwissenschaftlicher. – Verein. – 1967. – 34. – S. 181-440.
155. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 44 с.
156. Ланицкий И.И. Популяции рыб в Цимлянском водохранилище. – Волгоград, 1970. – 210 с.
157. Руденко Г.П. Справочник по озерному и прудовому рыболовству. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 310 с.
158. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М., 1966. – 376 с.
159. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в природных условиях. – М.: Наука, 1974. – 254 с.
160. Лакин Р.В. Биометрия. – М.: Высш. школа, 1980. – 293 с.
161. Замриборщ Ф.С. Рыбы низовьев рек и приморских водоёмов северо-западной части Чёрного моря и условия их существования // Автореф. дис. на получение учёной степени д. б. н. – Одеса, 1965. – 65 с.
162. Замриборщ Ф.С. Опыт выращивания кефали в Хаджибейском лимане // Рыбное хозяйство. – 1952. – № 4.
163. Шекк П.В. Бондарь В.П., Малаховский В.А. Опыт контролируемого товарного выращивания кефалей во внутренних водоемах Северо-Западного Причерноморья // Рыбное хозяйство. – 1989. – № 4. – С. 68-74.
164. Hess K.W. MECCA Programs documentation: Technical Report / NOAA. – NESDIS 46. – Washington, D.C., 1989. – 97 p.
165. Тучковенко Ю.С. Математическая модель формирования термохалинной структуры и циркуляции вод в лиманах, приустьевых и шельфовых областях северо-западной части Чёрного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: НАН Украины, МГИ. – 2003. – Вып. 9. – С. 138-153.

166. Blumberg A.F. A numerical investigation into the dynamics of estuarine circulation: Chesapeake Bay Institute Tech. Report 91 / Johns Hopkins University. – USA, 1975. – 110 p.

167. Blumberg A.F. The influence of density variations on estuarine tides and circulations // Estuarine and Coastal Marine Science. – 1978. – № 6. – P. 209-215.

168. Wang D.P., Kravitz D.W. A semi-implicit two-dimensional model of estuarine circulation // J. Phys. Oceanog. – 1980. – № 3. – P. 441-454.

169. Sobey R.J. Finite-difference schemes compared for wave-deformation characteristics in mathematical modeling of two-dimensional long-wave propagation: Technical Memorandum, 32 / U. S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center. – USA, 1970. – 29 p.

170. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. В 2 т. – М.: Мир, 1991.

171. Boris J.P., Book D.L. Flux-corrected transport: generalization of method // J. Comput. Phys. – 1975. – № 3. – P. 248-283.

172. Restauracion ambiental de los ecosistemas de influencia del canal del Dique, description y caracterizacion biotica del area. Modelación numérica del canal del Dique, su sistema lagunar y las bahías de Cartagena y Barbacoas: Informe final / Universidad del Norte-CIOH – UN – 1999 – 0010. – Colombia, Cartagena, 1999. – 187 p.

173. Munk W.H., Anderson E.R. Notes on the theory of the thermocline // J. Mar. Res. – 1948. – № 7. – P. 276-295.

174. Tag P.M., Murray F.W., Koenig L.R. A comparison of several forms of eddy viscosity parametrization in a two-dimensional long-wave propagation: Technical Memorandum 32 / U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center. – USA, 1979. – 29 p.

175. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод: Підручник. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 264 с.

Додаток А
Журнали технічного нівелювання

Таблиця А.1 – Журнал технічного нівелювання (хід від **Рр₆** до **П₄**; нівелір: Н-3; рейка: РН-3000С; п'ятка: 4799)

Станція (дата, час)	Відлік з рейки, мм		Перевіщення, мм		Відмітка, м БС	Точка	Примітка
	Задня		Виміряне(чорна) Виміряне(червона)				
	Задня(чорна) Задня(червона)	Передня Передня(чорна) Передня(червона)	Розбіжність	Допустима розбіжність			
Задня-Передня	П'ятка	П'ятка	Розбіжність	Середнє			
I	2	3	5	6	7	8	9
I (07.10.11, 8 ³⁰)	0668 5467	2731 7530	-2063 -2063	6	3,360	Рр₆	
Рр₆-РВхл	4799	4799	0	-2063	1,297	РВхл	
II (07.10.11, 10 ²⁰)	1815 6614	2044 6843	-0229 -0229	6	1,297	РВпв	РВпз = РВхл
РВпв-РВ₁	4799	4799	0	-0229	1,068	РВ₁	
III (07.10.11, 11 ⁰⁰)	1716 6515	1755 6554	-0039 -0039	6	1,297	РВпз	
РВпз-РВш	4799	4799	0	-0039	1,258	РВш	
IV (07.10.11, 15 ²⁰)	2693 7492	2831 7630	-0138 -0138	6	1,068	РВ₁	Відстань від поверхні води до ніжньої поверхні моста: 1,500 м
РВ₁-РВк	4799	4799	0	-0138	0,930	РВк	
IV (07.10.11, 15 ²⁰)	2693 7492	2860 7659	-0167 -0167	6	1,297	РВ₁	Довжина канату між ШВ № 1 та ШВ № 2: 90 м, а ширина (в створі моста): 3,40 м
РВ₁-РВ₂	4799	4799	0	-0167	0,901	РВ₂	

Продовження таблиці А.1

1	2	3	5	6	7	8	9
V (07.10.11, 17 ⁰⁰)	2848 7647	2720 7519	+0128 +0128	6	0,901	PВ ₂	
PВ ₂ -PВ ₃	4799	4799	0	+0128	1,029	PВ ₃	
V (07.10.11, 17 ⁰⁰)	2848 7647	0494 5293	+2354 +2354	6	0,901	PВ ₂	ПП ₃ – поверхня греблі ШВ № 3 станом на 07.10.2011 р.
PВ ₂ -ПП ₃	4799	4799	0	+2354	3,255	ПП ₃	
V (07.10.11, 17 ⁰⁰)	2848 7647	0899 5698	+1949 +1949	6	0,901	PВ ₂	ВТ ₂ = П ₄ – відлітки поверхні труби (ВТ) через греблю ШВ № 3 із сторони ШВ № 2 та пап. № 4 рівні.
PВ ₂ -ВТ ₂	4799	4799	0	+1949	2,850	ВТ ₂	

Таблиця А.2 – Журнал технічного нівелювання (хід від PВ₅ до П₅; нівелір: Н-3; рейка: РН-3000С; п'ятка: 4799)

Станція (дата, час)	Відлік з рейки, мм		Перевищення, мм		Відмітка, м ум.	Точка	Примітка
	Задня	Передня	Виміряне(чорна) Виміряне(червона)	Допустима розбіжність			
Задня-Передня							
1	2	3	5	6	7	8	9
I (08.10.11, 11 ⁰⁰)	2695 7496	2366 -	+0329 -	6	0,000	PВ ₅	PВ _{5-попеля} – поверхня (урів) води ШВ № 5 станом на 14.07.2011 р.
PВ ₅ -PВ _{5-попеля}	4801	-	-	+0329	0,329	PВ _{5-попеля}	

Продовження таблиці А.2

1	2	3	5	6	7	8	9
I	2695	0005	+2690				
(08.10.11, 11 ¹⁰)	7496	4802	+2694	6	0,000	РВ ₅	
РВ ₅ -ІК ₁	4801	4797	4	+2692	2,692	ІК ₁	
II	2714	0596	+2118				
(08.10.11, 11 ²⁰)	7511	5393	+2118	6	2,692	ІК ₁	
ІК ₁ -ІК ₂	4797	4797	1	+2118	4,810	ІК ₂	
III	2737	0535	+2202				
(08.10.11, 11 ²⁰)	7536		-	6	4,810	ІК ₂	III 5 – поверхня гребмі ШВ № 5 СТАНОМ НА 08.10.2011 р.
ІК ₂ -III ₅	4799	-	-	+2202	7,012	III ₅	
III	2737	1506	+1231				
(08.10.11, 12 ⁰⁰)	7536	6303	+1233	6	4,810	ІК ₂	
ІК ₂ -ІК ₃	4799	4797	2	+1232	6,042	ІК ₃	
IV	0711	2199	-1488				
(08.10.11, 12 ²⁰)	5511	6999	-1488	6	6,042	ІК ₃	
ІК ₃ -ІК ₄	4800	4800	0	-1488	4,554	ІК ₄	
V	0054	2267	-2213				
(08.10.11, 12 ⁴⁰)	4850	7065	-2215	6	4,554	ІК ₄	
ІК ₄ -ІК ₅	4796	4798	2	-2214	2,340	ІК ₅	

Продовження таблиці А.2

1	2	3	5	6	7	8	9
VI (08.10.11, 13 ⁰⁰)	0453 5249	2145 6943	-1692 -1694	6	2,340	ПК ₅	
ПК ₅ -ПК ₆	4796	4798	2	-1693	0,647	ПК ₆	
VII (08.10.11, 13 ²⁰)	1038 5836	2563 7363	-1525 -1527	6	0,647	ПК ₆	
ПК ₆ -PB _{4/2}	4798	4800	2	-1526	-0,879	PB_{4/2}	
VIII (08.10.11, 15 ⁰⁰)	1604 6403	0550 5349	+1054 +1054	6	-0,879	PB _{4/2}	III _{4/2} – поверхня греблі ШВ № 4/2 станом на 08.10.2011 р.
PB _{4/2} -III _{4/2}	4799	4799	0	+1054	0,175	III _{4/2}	
VIII (08.10.11, 15 ⁰⁵)	1604 6403	1690 6489	-0086 -0086	6	-0,879	PB _{4/2}	
PB _{4/2} -PB _{4/1}	4799	4799	0	-0086	-0,965	PB_{4/1}	
VIII (08.10.11, 15 ¹⁰)	1604 6403	1240 6039	+0364 +0364	6	-0,879	PB _{4/2}	PB _{4/1} -малець – поверхня (уріз) води ШВ № 4/1 станом на 14.07.2011 р.
PB _{4/2} -PB _{4/1} -малець	4799	4799	0	+0364	-0,515	PB_{4/1}-малець	
VIII (08.10.11, 15 ¹⁵)	1604 6403	0120 4919	+1484 +1484	6	-0,879	PB _{4/2}	BT _{4/1} = П ₅ – відмітка поверхні трубки (BT) через греблю ШВ № 4/1, й поверхні та платі № 5 річки
PB _{4/2} -BT _{4/1}	4799	4799	0	+0374	0,605	BT_{4/1}	

Таблиця А.3 – Журнал технічного нівелювання (хід від ПП₅ до ВЗ₁ та ВЗ₂; нівелір: Н-3; рейка: РН-3000С; п'ятка: 4799)

Станція (дата, час)	Відлік з рейки, мм		Перевищення, мм		Відмітка, м ум.	Точка	Примітка
	Задня		Виміряне(чорна) Виміряне(червона)				
	Задня(чорна) Задня(червона)	Передня Передня(чорна) Передня(червона)	Розбіжність	Допустима розбіжність			
Задня-Передня	П'ятка	П'ятка	Розбіжність <td>Середнє</td> <td></td> <td></td> <td></td>	Середнє			
I	2	3	5	6	7	8	9
I (08.10.11, 13 ²⁰)	1102 5901	1813 6612	-0711 -0711	6	7,012	ПП₅	ПП ₅ – поверхня греблі ШВ № 5 станом на 08.10.2011 р.
ПП₅-ПК₇	4799	4799	0	-0711	6,301	ПК ₇	
I (08.10.11, 13 ²⁰)	1102 5901	1883 6684	-0781 -0783	6	7,012	ПП ₅	ПК ₈ – опора зруйнованого підвісного мостика через р. Свинна
ПП₅-ПК₈	4799	4801	2	-0782	6,230	ПК ₈	
II (08.10.11, 13 ²⁰)	0458 5257	2659 7460	-2201 -2203	6	6,301	ПК ₇	ВЗ ₁ – 50 м вище греблі ШВ № 5 (з права) за напрямоком русла р. Свинна
ПК₇-ВЗ₁	4799	4801	2	-2202	4,099	ВЗ₁	
III (08.10.11, 14 ⁰⁵)	0098 4897	2582 7383	-2484 -2486	6	6,230	ПК ₈	
ПК₈-ПК₉	4799	4801	2	-2485	3,745	ПК ₉	
IV (08.10.11, 14 ²⁰)	0482 5279	1899 6698	-1417 -1419	6	3,745	ПК ₉	ВЗ ₂ – 5 м нижче зруйнованого підвісного мостика через р. Свинна
ПК₉-ВЗ₂	4797	4799	2	-1418	2,327	ВЗ₂	

Таблиця А.4 – Журнал технічного нівелювання (хід від П₅ до П₄, нівелір: Н-3; рейка: РН-3000С; п'ятка: 4799)

Станція (дата, час)	Відлік з рейки, мм		Перевищення, мм		Відмітка, м ум.	Точка	Примітка
	Задня		Передня				
	Задня(чорна) Задня(червона)	Передня(чорна) Передня(червона)	Вимірне(чорна) Вимірне(червона)	Допустима розбіжність			
Задня-Передня	П'ятка	П'ятка	Розбіжність	Середне			
I	2	3	5	6	7	8	9
I (12.11.11, 8 ¹⁵)	0941 5710	2326 7125	-1385 -1385	6	0,605	П₅	
П₅-РВ₄₂	4799	4799	0	-1385	-0,780	РВ₄₂	
I (12.11.11, 8 ²⁰)	0941 5710	1371 6170	-0430 -0430	6	0,605	П ₅	
П₅-ІІІ₄₂	4799	4799	0	-0430	0,175	ІІІ₄₂	
I (12.11.11, 8 ²⁵)	0941 5710	2452 7251	-1511 -1511	6	0,605	П ₅	
П₅-РВ₄₁	4799	4799	0	-1511	-0,906	РВ₄₁	
I (12.11.11, 8 ⁴⁰)	0941 5710	2151 6950	-1210 -1210	6	0,605	П ₅	
П₅-Пк₁	4799	4799	0	-1210	-0,605	Пк ₁	
ІІ (12.11.11, 9 ⁰⁰)	1411 6210	1559 6348	-0148 -0148	6	-0,605	Пк ₁	
Пк₁-Пк₂	4799	4799	0	-0148	-0,753	Пк ₂	

Продовження таблиці А.4

1	2	3	5	6	7	8	9
III (12.11.11, 9 ^{LD})	1382 6181	1601 6400	-0219 -0219	6	-0,753	ПК ₂	
ПК ₂ -ПК ₃	4799	4799	0	-0219	-0,972	ПК ₃	ПК ₄ – найнижча точка для пересохлого русла р. Сивана в створі з/б (з/б) моста (Бп = 37 м) – Гопора від півного берега
IV (12.11.11, 9 ^{LD})	1342 6141	1680 6479	-0338 -0338	6	-0,972	ПК ₃	
ПК ₃ -ПК ₄	4799	4799	0	-0338	-1,310	ПК ₄	Порівняння ПК ₅ – найнижчої точки для русла, над рівнем (фіктивні) високів вод – 0,60 м, найнижчою поверхнею моста – 3,00 м, виходом – 3,55 м
V (12.11.11, 9 ^{LD})	1331 6130	1620 6419	-0289 -0289	6	-1,310	ПК ₄	
ПК ₄ -ПК ₅	4799	4799	0	-0289	-1,599	ПК ₅	
VI (12.11.11, 9 ^{LD})	1421 6220	1541 6340	-0120 -0120	6	-1,599	ПК ₅	ПК ₆ – найнижча точка для середньої пересохлого русла р. Сивана в створі (Бр = 9,00 м) 150 м
ПК ₅ -ПК ₆	4799	4799	0	-0120	-1,799	ПК ₆	нижче з/б (з/б) моста
VI (12.11.11, 9 ^{AD})	1421 -	1109 -	+0312 -	6	-1,599	ПК ₅	БЛБ – відлізка
ПК ₅ -БЛБ	-	-	-	+0312	-1,287	БЛБ	бровки півного берегу пересохлого русла р. Сивана в створі (Бр = 9,00 м) 150 м
VI (12.11.11, 9 ^{AD})	1421 -	1139 -	+0282 -	6	-1,599	ПК ₅	БЛБ – відлізка
ПК ₅ -БЛБ	-	-	-	+0282	-1,317	БЛБ	бровки півного берегу пересохлого русла р. Сивана в створі (Бр = 9,00 м) 150 м
ПК ₅ -БЛБ	-	-	-	+0282	-1,317	БЛБ	нижче з/б (з/б) моста

Продовження таблиці А.4

1	2	3	5	6	7	8	9
VII (12.11.11, 9 ⁹⁰)	1595 6394	1725 6524	-0130 -0130	6	-1,799	ПК6	Шарова залпаки р. Сякина складає Вд = 310 м (поверхневий шар трунку залпаки вологий)
ПК6-ПК7	4799	4799	0	-0130	-1,849	ПК7	Поверхневий шар грунту вологий, з залишками водних рослин білого кольору, вкритих тонким шаром солі
VIII (12.11.11, 10 ⁰⁰)	1425 6224	1642 6441	-0217 -0217	6	-1,849	ПК7	Середнє перевищення рівня (вище) високіх вод над яком ШВ №3 на відстані ПК8-ПК9: 1,00 м (за залишкові солі на ростливах та вищих-примітках)
ПК7-ПК8	4799	4799	0	-0217	-2,066	ПК8	ПК9 - відмітка броунітравого бетону (рівень або лінійні високіх вод) 100 м вище гребні ШВ №3
IX (12.11.11, 10 ¹⁰)	1422 6221	1530 6329	-0108 -0108	6	-2,066	ПК8	ПК9
ПК8-РВ3	4799	4799	0	-0108	-2,174	РВ3	ДТ3 - відмітка для труби (ДТ) через греблю ШВ №3 у її вершині, б'єфі (внутрішній діаметр - 1,100 м, відстань до верха зовні 1,370 м)
X (12.11.11, 10 ²⁰)	1993 6792	0886 5685	+1107 +1107	6	-2,174	РВ3	Перевищення ДТ3 - найвищої точки для труби, над рівнем (вище) високіх вод (РВВ): 0,600 м
РВ3-ПК9	4799	4799	0	+1107	-1,067	ПК9	ДТ3-РВ3-РВВ
XI (12.11.11, 10 ³⁰)	1830 6629	1311 6110	+0519 +0519	6	-2,174	РВ3	
РВ3-ДТ3	4799	4799	0	+0519	-1,655	ДТ3	
XI (12.11.11, 10 ³⁰)	1311 6110	0711 5510	+0600 +0600	6	-1,655	ДТ3	
ДТ3-РВ3-РВВ	4799	4799	0	+0600	-1,055	РВ3-РВВ	

Продовження таблиці А.4

1	2	3	5	6	7	8	9
XII (12.11.11, 10 ⁴⁰)	1375 6174	0005 4804	+1370 +1370	6	-1,655	ДТ ₃	BT ₃ – кількість поверхових труб (ДТ) через греблю ШВ №3 у і верхньому б'єфі
ДТ₃-BT₃	4799	4799	0	+1370	-0,285	BT₃	
XIII (12.11.11, 10 ²⁰)	0811 5610	0788 5587	+0023 +0023	6	-0,285	BT ₃	BT ₂ = П ₄
BT₃-BT₂	4799	4799	0	+0023	-0,262	BT₂	
XIV (12.11.11, 11 ⁰⁰)	2658 7457	0788 5587	+1870 +1870	6	-2,132	PB ₂	П ₄ = = 2,850 м БС
PB₂-П₄	4799	4799	0	+1870	-0,262	П₄	

Додаток Б
Графіки хронологічного ходу температур повітря

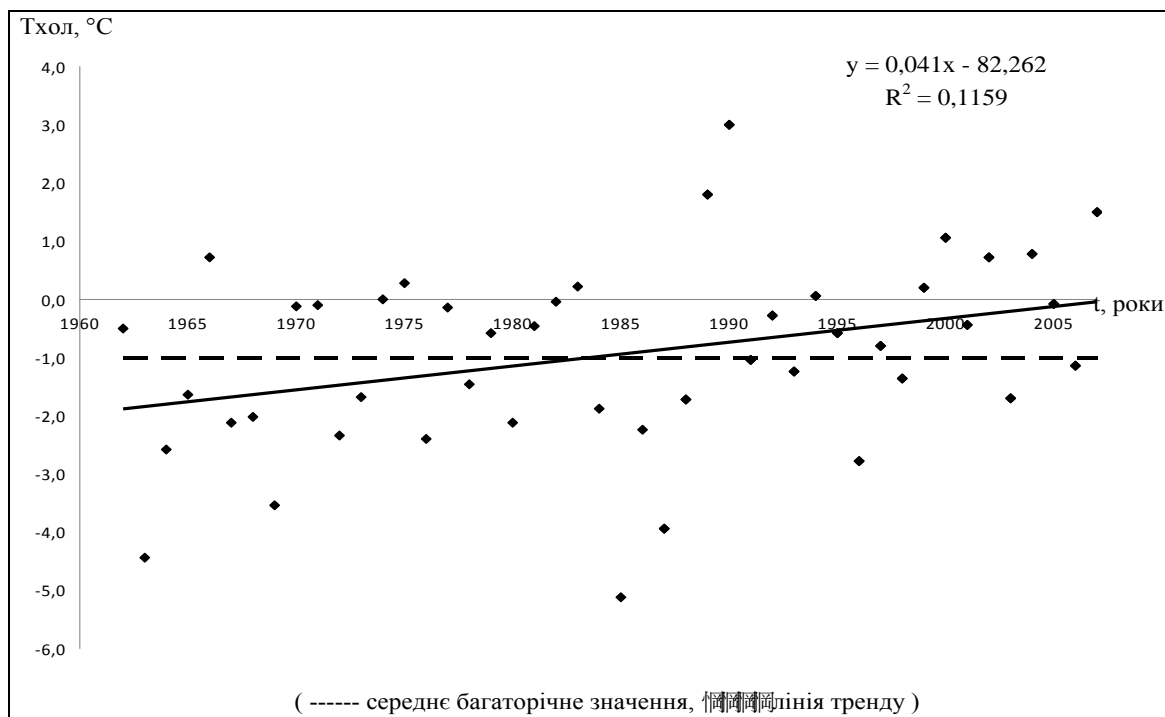


Рисунок Б.1 – Хронологічний хід температури повітря холодного періоду (XI-III), за даними м/ст. Любашівка

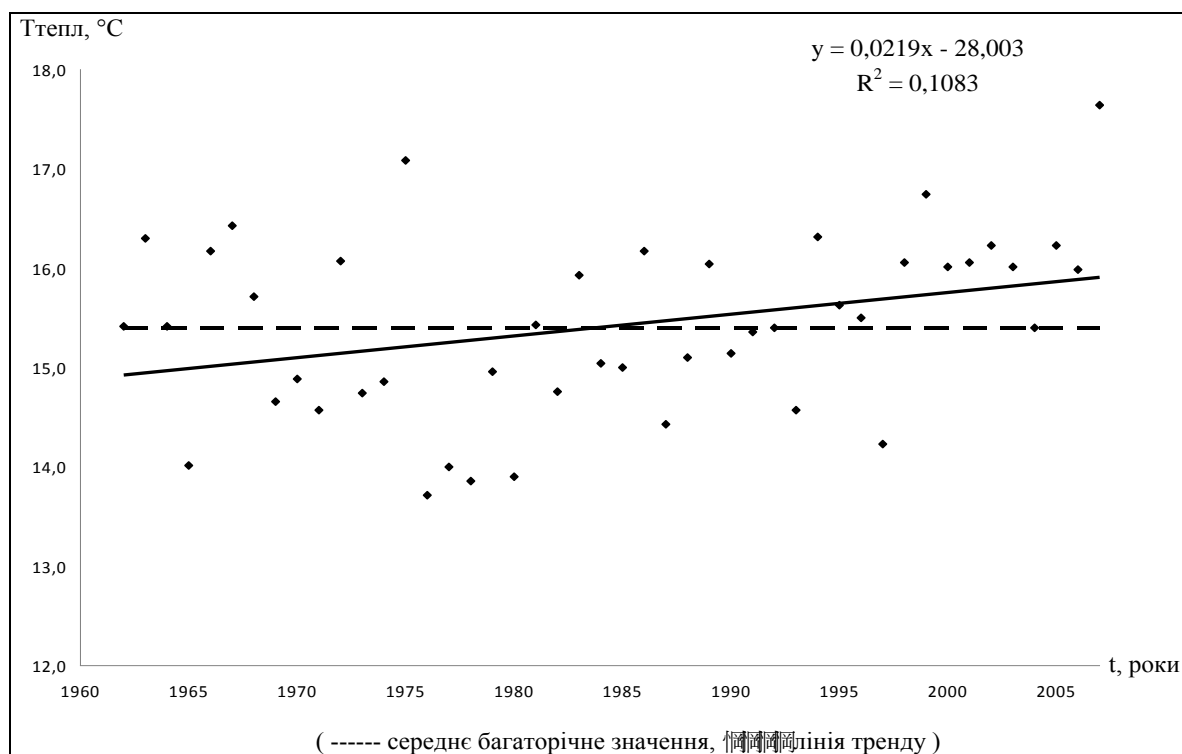


Рисунок Б.2 – Хронологічний хід температури повітря теплого періоду (IV-X), за даними м/ст. Любашівка

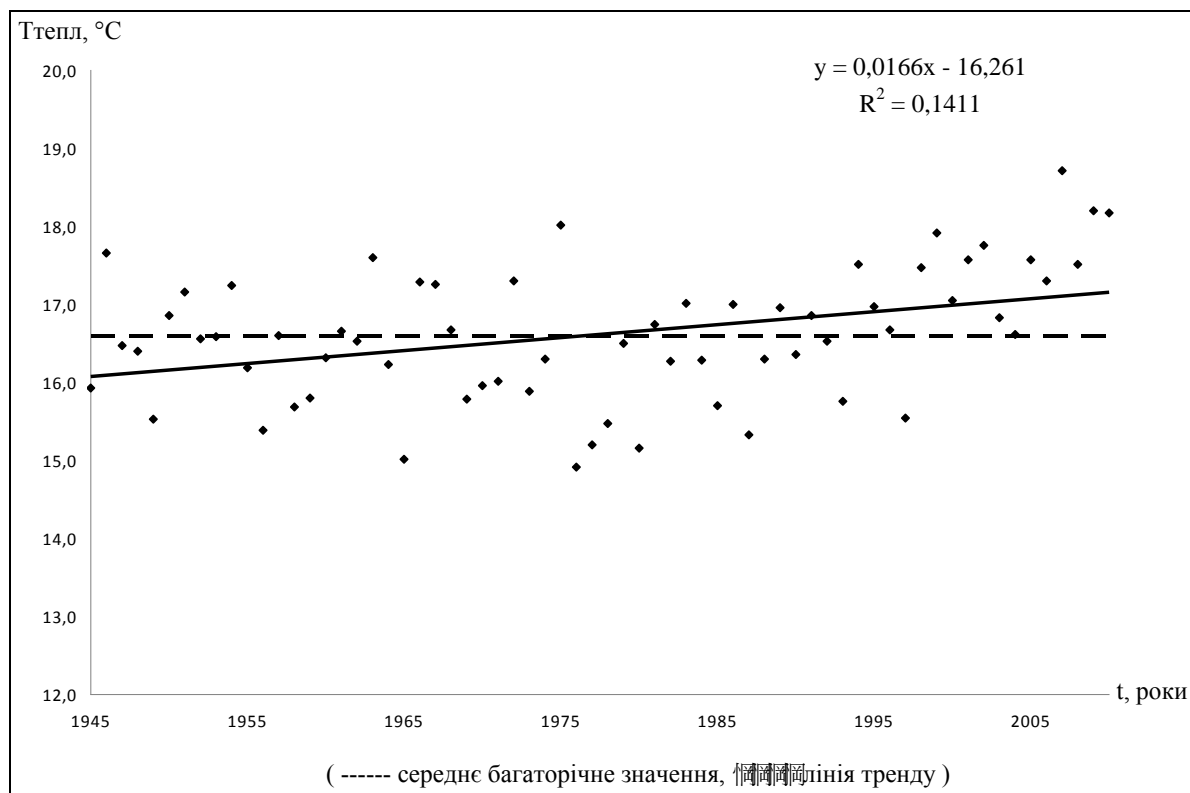


Рисунок Б.3 – Хронологічний хід температури повітря теплого періоду (IV-X), за даними м/ст. Одеса

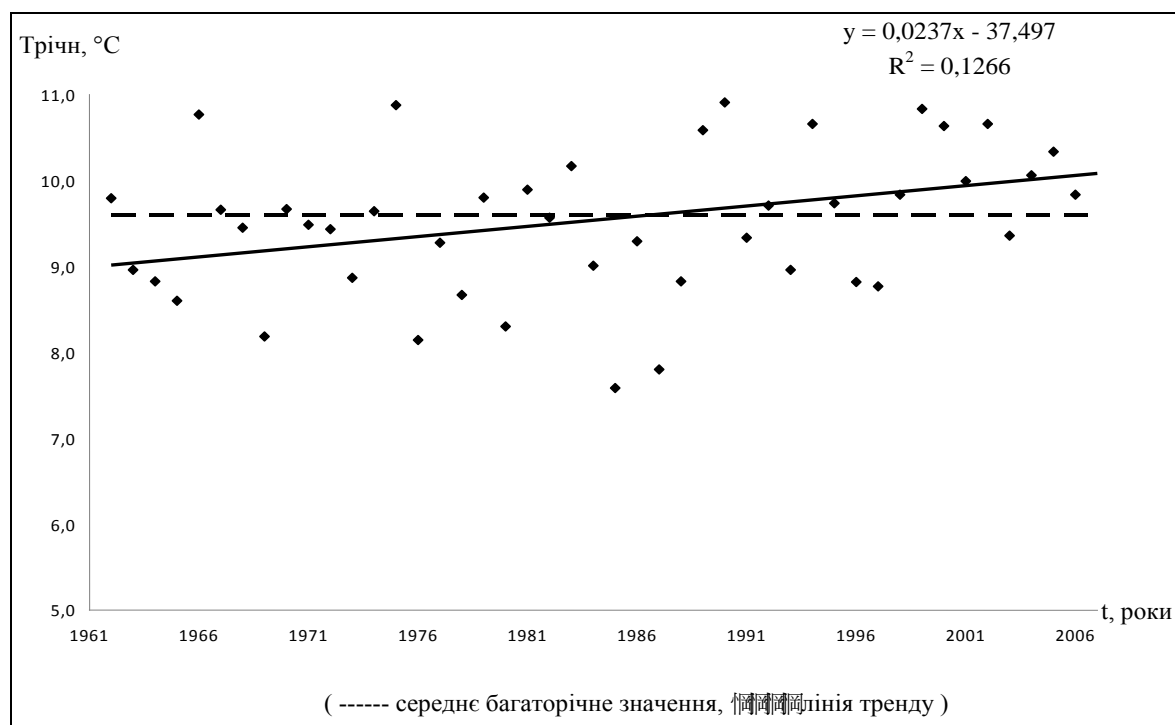


Рисунок Б.4 – Хронологічний хід річної температури повітря, за даними м/ст. Роздільна

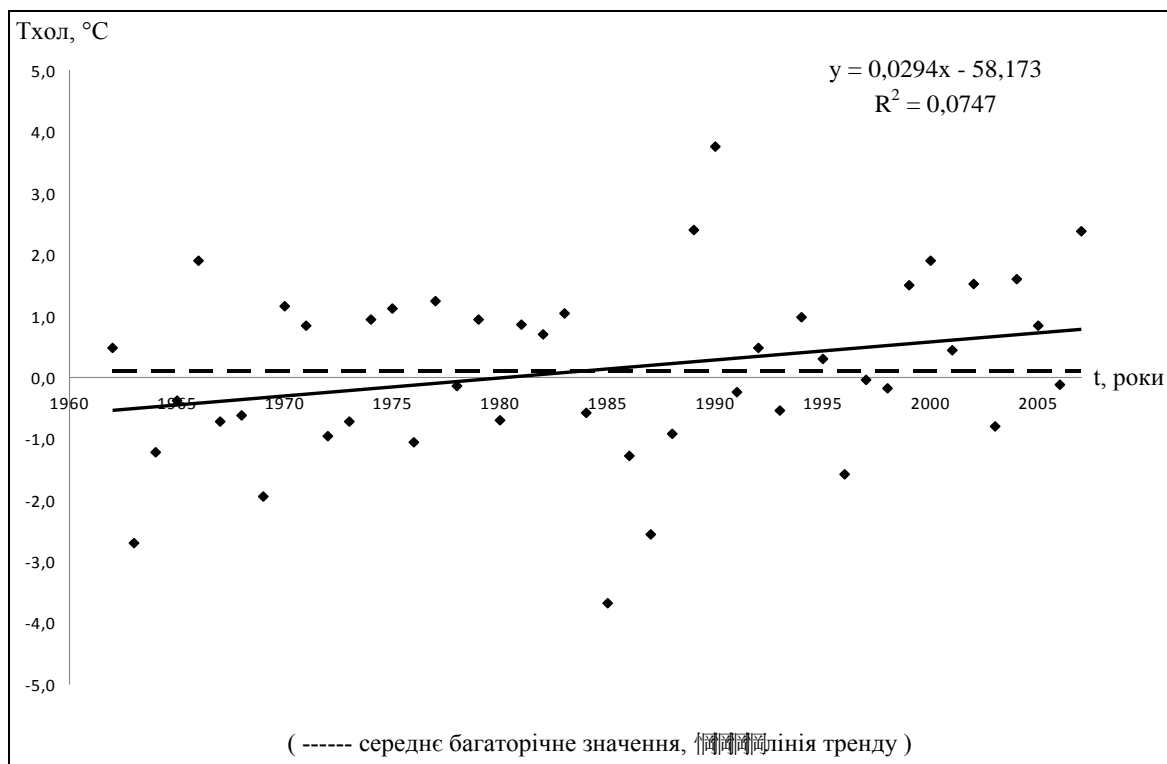


Рисунок Б.5 – Хронологічний хід температури повітря холодного періоду (XI-III), за даними м/ст. Роздільна

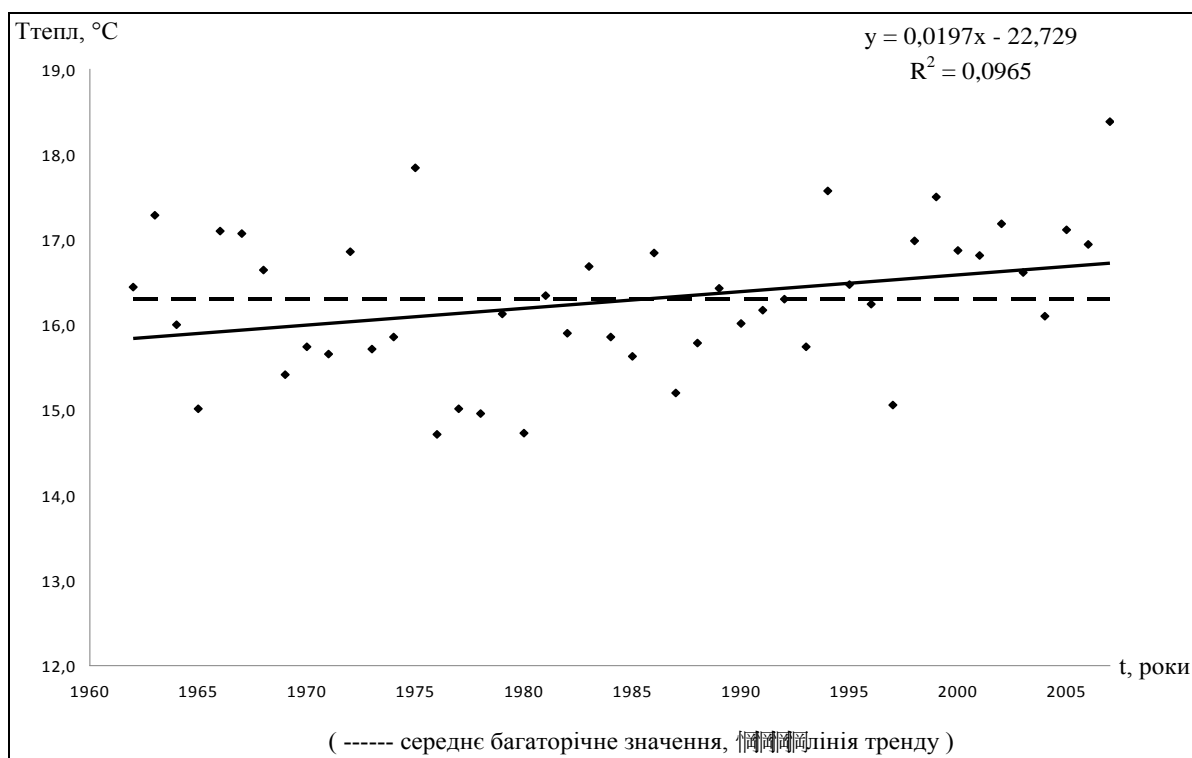


Рисунок Б.6 – Хронологічний хід температури повітря теплого періоду (IV-X), за даними м/ст. Роздільна

Додаток В
Графіки хронологічного ходу сум атмосферних опадів

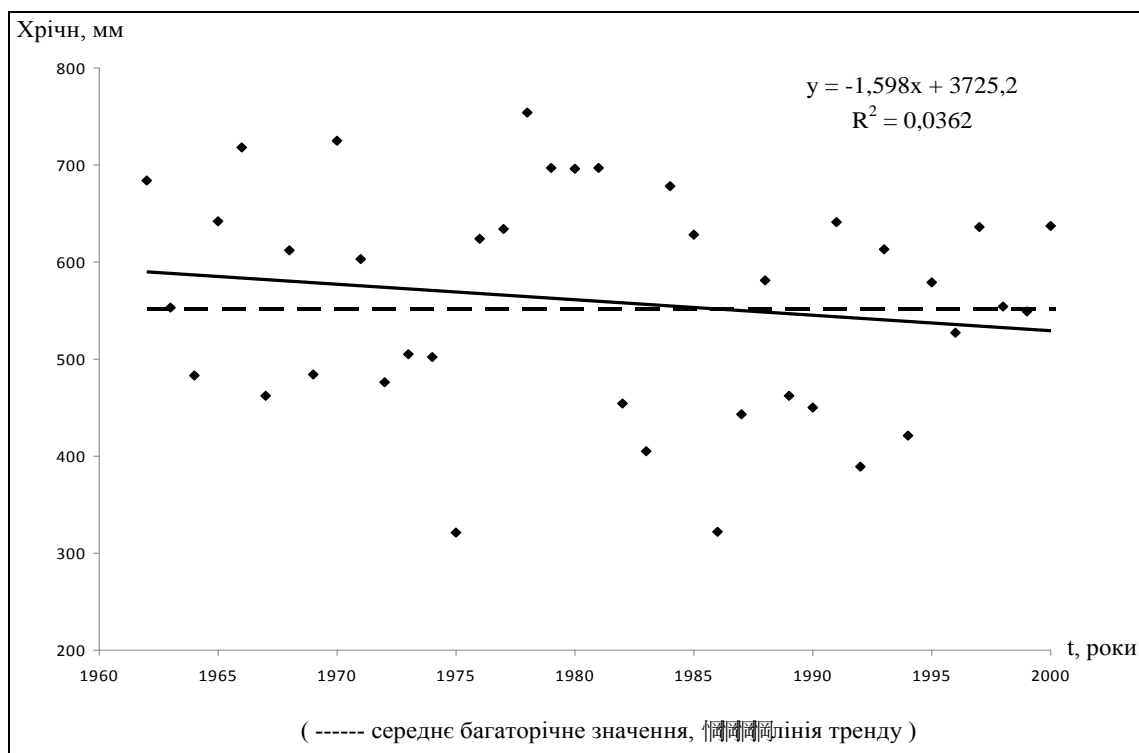


Рисунок В.1 – Хронологічний хід сум атмосферних опадів теплого періоду (IV-X), за даними м/ст. Любашівка

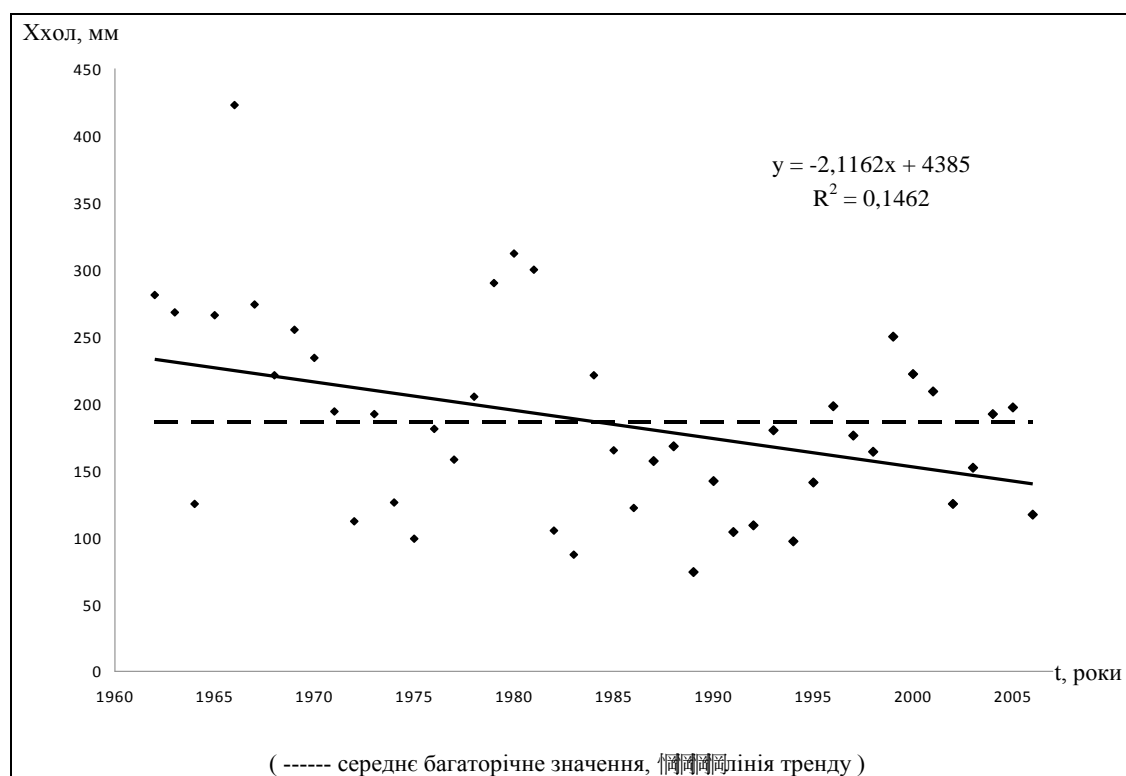


Рисунок В.2 – Хронологічний хід сум атмосферних опадів холодного періоду (XI-III), за даними м/ст. Любашівка

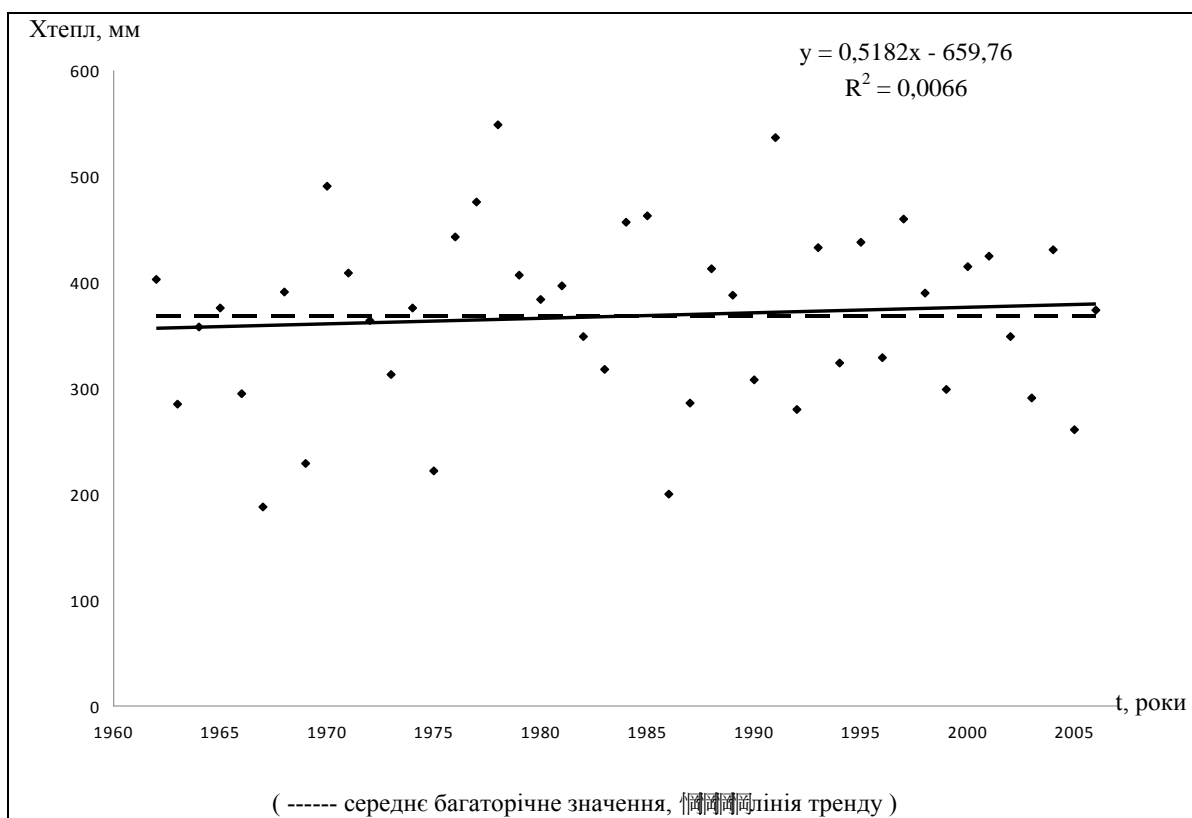


Рисунок В.3 – Хронологічний хід сум атмосферних опадів теплого періоду (IV-X), за даними м/ст. Любашівка

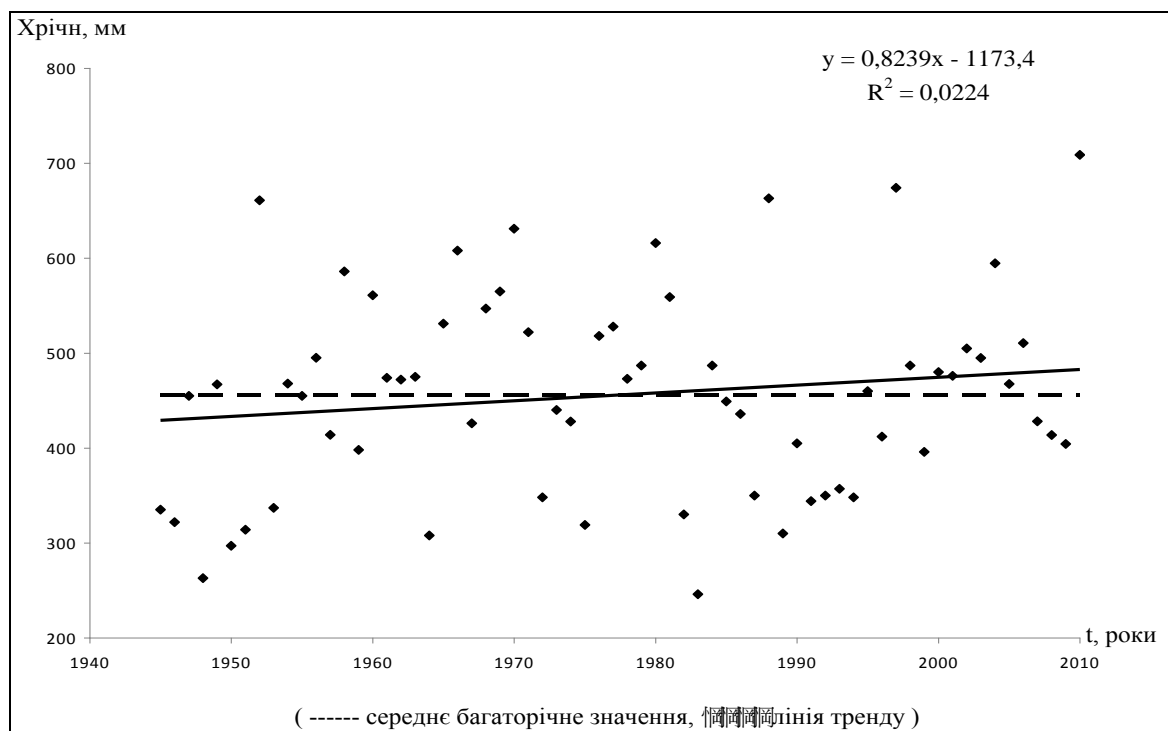


Рисунок В.4 – Хронологічний хід річних сум атмосферних опадів, за даними м/ст. Одеса

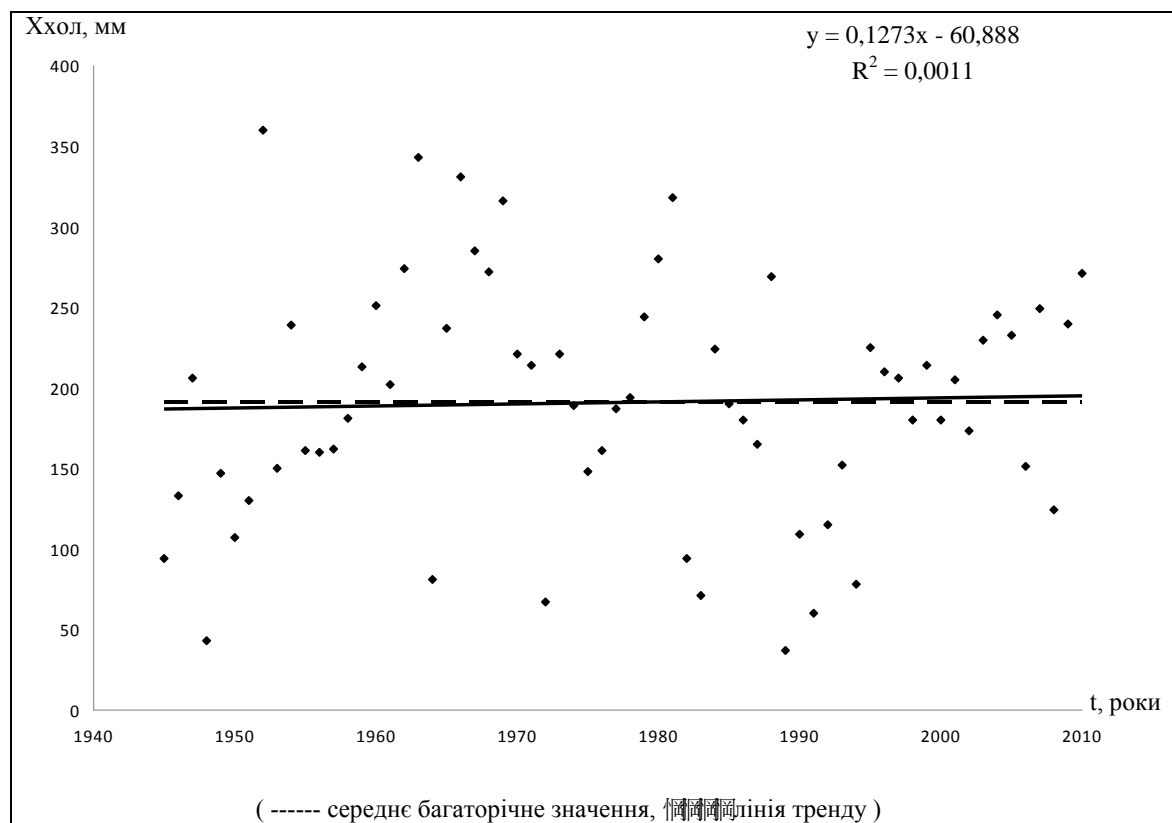


Рисунок В.5 – Хронологічний хід сум атмосферних опадів холодного періоду (XI-III), за даними м/ст. Одеса

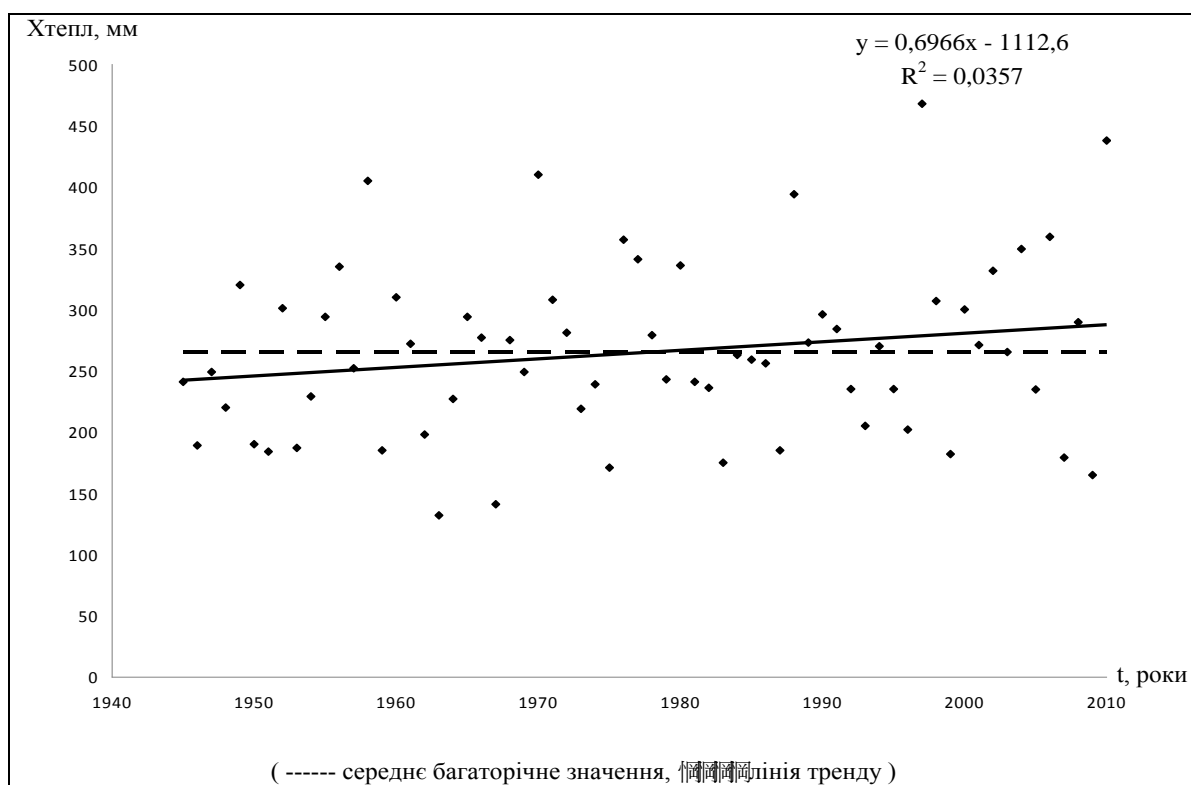


Рисунок В.6 – Хронологічний хід сум атмосферних опадів теплого періоду (IV-X), за даними м/ст. Одеса

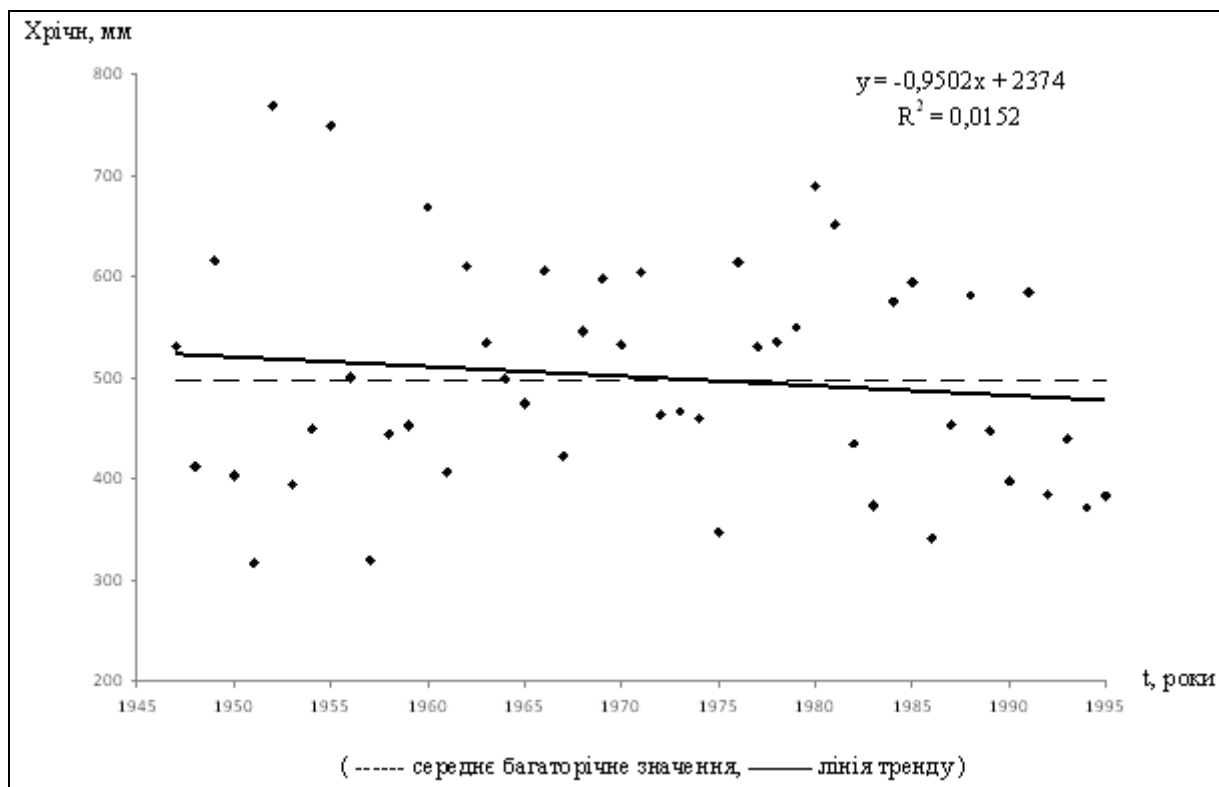


Рисунок В.7 – Хронологічний хід річних сум атмосферних опадів, за даними м/ст. Роздільна

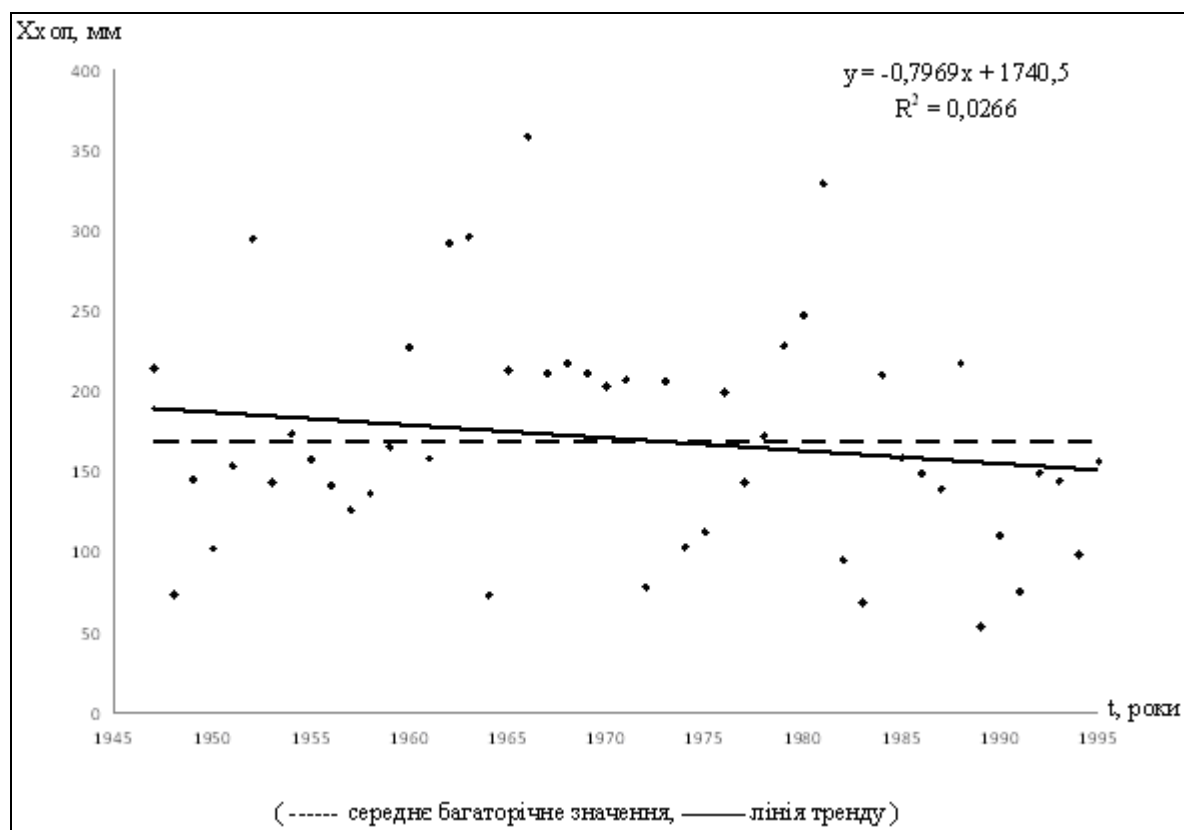


Рисунок В.8 – Хронологічний хід сум опадів холодного періоду (ХІ-ІІІ), за даними м/ст. Роздільна

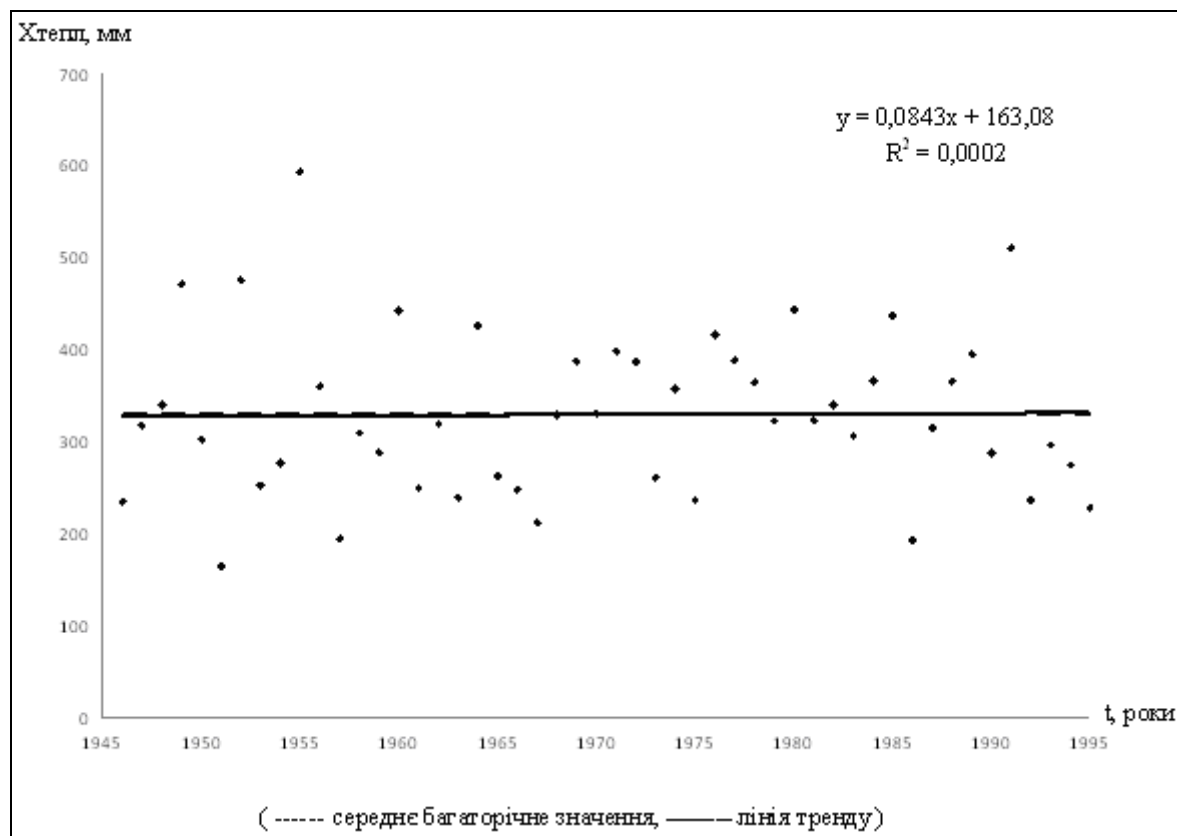


Рисунок В.9 – Хронологічний хід сум атмосферних опадів теплого періоду (IV-X), за даними м/ст. Роздільна