

УДК 556.166  
КП XXXXXX  
№ держреєстрації 0109U004794  
Інв. №

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

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В.о. ректора ОДЕКУ

\_\_\_\_\_  
2009.11.26 Сербов М.Г.

ЗВІТ  
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ  
ОЦІНКА БАГАТОРІЧНИХ ЗМІН СКЛАДОВИХ ВОДНОГО БАЛАНСУ  
КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ДЛЯ РОЗРОБКИ РЕКОМЕНДАЦІЙ  
ПО ЗБЕРЕЖЕННЮ ЙОГО ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ  
(заключний)

Керівник НДР  
д. геогр. н., проф.,  
академік АН ВШ

2009.11.26

Гопченко Є.Д.

2009

Рукопис закінчено 15 листопада 2009 р.  
Результати цієї роботи розглянуто Науково-технічною радою ОДЕКУ  
протокол від 2009.11.26 № 4

## СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник доктор географічних наук, професор, академік АН Вищої школи	2009.11.26	Є. Гопченко (реферат, вступ, розд.3,3.4,4,4.5, висновки)
Старший науковий співробітник, кандидат географічних наук, доцент	2009.11.26	В. Бєлов (розд.2,2.2,2.2.1,2.2.2,2.3, 2.3.1,2.3.2,3,3.2,3.2.3)
Старший науковий співробітник, кандидат географічних наук, асистент	2009.11.26	О. Гриб (розд.1,1.1,2,2.1,2.4, 2.4.1, 2.4.3,3,3.1,3.1.4,3.2,3.2.2,3.2.3, 3.4,4,4.1,4.2,4.3,4.3.3)
Старший науковий співробітник, кандидат географічних наук, доцент	2009.11.26	М. Сербов (розд.3,3.1,3.1.2)
Старший науковий співробітник, кандидат географічних наук, доцент	2009.11.26	Є. Бояринцев (розд.3,3.1,3.1.1,3.2,3.2.1)
Старший науковий співробітник, кандидат географічних наук, доцент	2009.11.26	М. Романчук (розд.1,1.4,2,2.3,2.3.3,2.3.4, 4,4.3,4.3.1)
Старший науковий співробітник, кандидат географічних наук, доцент	2009.11.26	В. Бондаренко (розд.1,1.2)
Науковий співробітник	2009.11.26	П. Терновий (розд.3,3.1,3.1.3)
Науковий співробітник	2009.11.26	І. Будкіна (розд.2,2.2,2.2.3,2.3,2.3.3, 2.3.4,4,4.3,4.3.2)
Науковий співробітник	2009.11.26	Ю. Медведєва (розд.1,1.3,2,2.2,2.2.4,4,4.4)
Провідний інженер	2009.11.26	К. Гриб (розд.2,2.3,2.3.5,2.3.6,3,3.3,3.4)
Провідний інженер	2009.11.26	Т. Захарова (розд.1,1.5,1.6,2,2.4,2.4.2,2.5)
Нормоконтролер		О. Іванова

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 90 с., 28 рис., 25 табл., 20 джерел.

Об'єкт дослідження – екосистема Куяльницького лиману, включаючи його акваторію, басейни річок Великий Куяльник, Долдока, Кубанка, ставки та водосховища, озера пересипу).

Мета роботи – комплексна оцінка багаторічних змін складових водного балансу лиману Куяльницького та їх багаторічної мінливості для розробки рекомендацій по збереженню його природних ресурсів.

Методи дослідження – оцінка природних та антропогенних чинників, які формують гідроекологічний режим Куяльницького лиману; статистичний аналіз даних по опадах і рівнях води в лимані та визначення їхнього внутрішньорічного розподілу; аналіз циклічності в рядах опадів і рівнів води у водоймі; виконання спрощеної батиметричної зйомки лиману для уточнення глибин, об'ємів і площ водної поверхні у сучасний період; розрахунок щорічних водних балансів Куяльницького лиману для розробки рекомендацій щодо збереження його природних ресурсів.

Результати і новизна – вперше для Куяльницького лиману розраховані щорічні водні баланси водойми за період з 1960 по 2007 рр., які дозволять приймати управлінські рішення щодо відновлення сприятливого водно-сольового режиму лиману та збереження його екологічного стану і природних ресурсів.

Основні конструкторські, технологічні і техніко-експлуатаційні характеристики і показники – оцінені природні та антропогенні чинники, які впливають на гідрологічний режим лиману з 1860 по 2008 рр. та формують його у сучасний період; виконаний статистичний аналіз даних по опадах і рівнях води лиману; здійснено аналіз циклічності в рядах опадів і рівнів води лиману; виконано батиметричну зйомку водойми для уточнення об'ємів води та площ водної поверхні лиману при різних рівнях води.

Ступінь впровадження – отримані результати (у вигляді оцінених багаторічних змін складових водного балансу Куяльницького лиману) будуть надані Управлінню екології та природних ресурсів в Одеській області, Комінтернівській районній державній адміністрації та замовнику – Управлінню освіти і наукової діяльності Одеської обласної державної адміністрації для розробки управлінських рішень щодо збереження природних ресурсів лиману.

Зв'язок з іншими роботами – науково-методична база узагальнює наявний досвід Одеського державного екологічного університету в галузі розрахунків і оцінки водних балансів природних та штучних водойм.

Рекомендації по використанню результатів роботи – методика розрахунку та оцінки багаторічних змін складових водного балансу Куяльницького лиману пропонується для практичного використання при складанні прогнозів зміни рівнів та солоності води лиману, при розробці заходів по упорядкуванню регулювання поверхневого припливу води на басейні водойми.

Галузь використання – обслуговування господарських установ і органів регіонального самоврядування.

Значущість роботи і висновки – методика дає можливість визначати багаторічні змін складових водного балансу Куяльницького лиману, прогнозувати зміни рівнів води та її солоності у водоймі та при розробці заходів по упорядкуванню регулювання поверхневого припливу води на басейні лиману.

Пропозиції щодо подальшого розвитку дослідження – у зв'язку з катосторофічним підвищенням солоності води, обміління та замулення водойми, що може призвести до зникнення запасів унікальних лікувальних грязей Куяльницького лиману, необхідно здійснити оцінку можливого стану водно-сольового режиму водойми, з урахуванням необхідності упорядкування регулювання поверхневого припливу води на басейні лиману.

### ВОДНИЙ БАЛАНС, РІВЕНЬ ВОДИ, ВИПАРОВУВАННЯ, СОЛОНІСТЬ, РІЧКОВИЙ СТІК, БАТИМЕТРИЧНА ЗЙОМКА

Умови одержання звіту: за договором, укладеним з Управлінням освіти і наукової діяльності Одеської обласної державної адміністрації, 65107, м. Одеса, вул. Канатна, 83, Управління освіти і наукової діяльності Одеської обласної державної адміністрації.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ  
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

б. – балка  
БС – Балтійська система висот  
В. Куяльник – Великий Куяльник  
водпост, в/п – водомірний пост  
ГМО – гідрометеорологічна обсерваторія  
лим. – лиман  
м. – місто  
м/ст. – метеорологічна станція  
НДР – науково-дослідна робота  
НПГ – нормальний підпертий горизонт  
ОГМІ – Одеський гідрометеорологічний інститут  
ОДЕКУ – Одеський державний екологічний університет  
ОДУ – Одеський державний університет ім. І.І. Мечникова  
ОНУ – Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова  
оз. – озеро  
р. – річка, рік  
рр. – річки, роки  
с. – селище  
смт – селище міського типу  
сан. – санаторій  
GPS – Global position system (Глобальна система позиціонування)  
WGS – World geodesic system (Світова геодезична система)

## ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
Вступ.....	8
1 Характеристика водозбірною басейну лиману.....	9
1.1 Природні умови в басейні р. В. Куяльник.....	9
1.2 Атмосферні опади в басейні лиману.....	11
1.2.1 Характеристика багаторічного ходу атмосферних опадів.....	11
1.2.2 Статистичний аналіз даних по атмосферних опадах та їх внутрішньорічний розподіл.....	13
1.3 Випаровування з водної поверхні в басейні р. В. Куяльник.....	19
1.4 Характеристика річкового стоку води в басейні лиману.....	20
1.5 Господарська діяльність в басейні р. В. Куяльник.....	21
1.6 Регулювання стоку води р. В. Куяльник та інших водотоків басейну.....	22
2 Загальна характеристика Куяльницького лиману.....	25
2.1 Історичні відомості про формування лиману.....	25
2.2 Кліматична характеристика території лиману.....	25
2.2.1 Загальна кліматична характеристика за сезонами року.....	25
2.2.2 Кліматичні особливості території лиману.....	26
2.2.3 Атмосферні опади на акваторії Куяльницького лиману.....	27
2.2.4 Випаровування з водної поверхні лиману.....	27
2.3 Характеристика гідрологічного режиму та солоності води лиману.....	29
2.3.1 Режим рівнів води в лимані.....	29
2.3.2 Аналіз циклічності в рядах опадів та рівнів води в лимані.....	32
2.3.3 Підземне водне живлення лиману.....	37
2.3.4 Фільтрація води через пересип.....	37
2.3.5 Температурний режим води лиману.....	38
2.3.6 Солоність води та її зв'язок з водним режимом лиману.....	38
2.4 Морфолого-морфометрична характеристика лиману.....	41
2.4.1 Загальна морфолого-морфометрична характеристика.....	41
2.4.2 Штучні зміни морфології лиману.....	42
2.4.3 Замулення лиману наносами.....	42
2.5 Бальнеологічні ресурси та господарське освоєння лиману.....	44
2.5.1 Ресурси лікувальних грязей.....	44
2.5.2 Господарське освоєння бальнеологічних ресурсів лиману.....	45
3 Експедиційні дослідження Куяльницького лиману.....	46
3.1 Підготовка та виконання батиметричної зйомки.....	46
3.1.1 Аналіз картографічних матеріалів і супутникових знімків.....	46
3.1.2 Прилади та їхні технічні характеристики.....	46
3.1.3 Методика вимірювальних робіт на водоймі.....	49
3.1.4 Висотна прив'язка до пунктів державної геодезичної мережі.....	50
3.2 Камеральна обробка результатів батиметричної зйомки.....	50
3.2.1 Первинний аналіз польових матеріалів батиметричної зйомки.....	50
3.2.2 Побудова плану батиметричної зйомки лиману.....	51
3.2.3 Побудова кривих об'ємів і площ водної поверхні лиману.....	55

3.3	Короткі відомості про фізико-хімічні властивості водойми .....	55
3.3.1	Проведення візуальних спостережень поверхні водойми.....	58
3.3.2	Вимірювання температури води .....	59
3.3.3	Визначення запаху.....	59
3.3.4	Визначення прозорості та кольоровості води.....	60
3.3.5	Визначення концентрації іонів водню (рН) .....	60
3.3.6	Визначення розчиненого кисню (O <sub>2</sub> ) та солоності .....	61
3.4	Узагальнення результатів батиметричної зйомки та хімічного аналізу води Куяльницького лиману .....	62
4	Складові водного балансу Куяльницького лиману та їх визначення .....	65
4.1	Визначення фактичних змін об'єму води в лимані за рік .....	65
4.2	Обчислення об'єму атмосферних опадів на водну поверхню лиману .....	67
4.3	Визначення об'єму поверхневого припливу води.....	69
4.3.1	Розрахунок річного об'єму природного припливу річкових води.....	70
4.3.2	Розрахунок об'єму скидних вод з озер пересипу .....	72
4.3.3	Визначення побутового об'єму поверхневого припливу води .....	73
4.4	Визначення річних об'ємів випаровування з водної поверхні лиману.....	75
4.5	Аналіз складових водного балансу Куяльницького лиману .....	80
	Висновки .....	86
	Перелік посилань.....	89

## ВСТУП

Куяльницький лиман належить до групи закритих і є одним з найстародавніших на території Північно-Західного Причорномор'я. Він відомий як важливий рекреаційний і бальнеологічний об'єкт державного та світового значення. Високі лікувальні властивості мають ропа і грязі лиману.

Актуальність НДР «Оцінка багаторічних змін складових водного балансу Куяльницького лиману для розробки рекомендацій по збереженню його природних ресурсів» обумовлена тим, що екологічна криза цього лиману в даний час виразилася в катастрофічному обмілінні, замулюванні водойми, зменшенні рівня води та глибин лиману, а також пов'язаного з цим – збільшення солоності води. Це призвело до порушення технології використання лікувальних грязей і формуванню загрози повного зникнення лиману як водного об'єкту та втрати при цьому запасів унікальних лікувальних грязей та ропи.

Мета НДР полягає у визначенні складових водного балансу лиману та їх багаторічної мінливості за весь період спостережень для розробки науково-обґрунтованих рекомендацій для подальших заходів та дій по відновленню сприятливого екологічного стану лиману та збереження його природних ресурсів.

Для досягнення мети роботи необхідно було вирішити наступні завдання:

- оцінити природні та антропогенні чинники, які формують гідрологічний режим лиману у сучасний період;
- виконати статистичний аналіз даних по опадах і рівнях води лиману та визначити їх внутрішньорічний розподіл;
- виконати аналіз циклічності в рядах опадів і рівнів води лиману;
- виконати батиметричну зйомку водойми для уточнення об'ємів води та площ водної поверхні лиману при різних рівнях води;
- розрахувати щорічні водні баланси лиману, які необхідні для прийняття управлінських рішень щодо відновлення сприятливого водного режиму та збереження в майбутньому екологічного стану і природних ресурсів лиману.



# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЗБІРНОГО БАСЕЙНУ ЛИМАНУ

## 1.1 Природні умови в басейні р. В. Куяльник

Однією з невеликих річок Північно-Західного Причорномор'я є р. В. Куяльник, довжиною – 170 км. Водозбірний басейн вузький, максимальна ширина близько 18 км, площа – 1860 км<sup>2</sup> [1,2,3]. Верхня частина басейну розташована в межах Подільської височини, з відмітками до 250 м над рівнем моря. Середня частина знаходиться в перехідній зоні від височини до низовини. Пониззя р. В. Куяльник, включаючи лиман Куяльницький, знаходиться в межах Причорноморської низовини з висотами від 150 до 50 м над рівнем моря. Падіння річки складає 204 м, середній ухил – 1,13 м/км, середньозважений ухил – 0,63 м/км, середній ухил водозбору – 21,9 м/км, лісистість – 4,87 %, заболоченість – 0,08 %, озерність – 0,06 %, розораність – 61,3%, еродованість – 45,9 %, урбанізованість – 6,97 %, осушених земель з постійно діючою водопровідною мережею – 3026 тис. га.

Глибина врізання русла річки складає: у верхів'ях – 10-20 м, в середній течії вона збільшується до 80 м, в нижній течії – 85 м. Для рельєфу басейну характерна значна розчленованість балочною та яружною мережею, а саме: у верхній течії – від 0,6 до 1,0 км/км<sup>2</sup>, в нижній – від 0,3 до 0,5 км/км<sup>2</sup>.

Відкладення раннього сармату – щільні вапняки, піщані та глинисті вапняки, а середнього сармату – масивні вапняки, мергелі та мергелясті глини, пісковики, які характерні верхів'ям басейну річки. У південній частині басейну відкладення середнього сармату залягають нижче за базис ерозії та складаються з глин і мергелястих глин з прошарками глинистого піску та вапняку.

Відкладення, що формувалися в континентальних умовах, належать до лесового типу. Вони вкривають вододіл, схили долини, тераси р. В. Куяльник. У міру накопичення лесових порід відбувався процес їхнього руйнування, зсув по схилах і вторинне відкладення на схилах долини та балок у вигляді делювіальних лісових суглинків і лесовидних супісків. Їхня потужність на нижніх частинах схилів досягає 10-20 м. На днищах балок і ярів сформувалися алювіальні та делювіальні шари, які складаються з накопичених тимчасовими водотоками пісків, супісків, суглинків і ґрунту.

Водозбірний басейн р. В. Куяльник знаходиться в двох ґрунтово-рослинних зонах: лісостепу та степу. Лісостепова зона займає північну частину басейну. Зональними ґрунтами є чорноземи потужні. Для рослинності характерне чергування лісових масивів з сільськогосподарськими угіддями. Степова зона займає південну частину басейну (середня та нижня течії річки). Вона представлена північним і південним степом. Зональними ґрунтами є чорноземи звичайні та чорноземи південні малогумусні. Степова природна рослинність збереглася на досить обмежених територіях, головним чином, на схилах балок.

В даний час р. В. Куяльник має декілька приток незначної довжини, найбільшими з них є рр. Кошкова та Суха Журавка, в долинах яких тераси

відсутні, за винятком заплавних ділянок. Інші притоки річки знаходяться в балочній стадії розвитку та належать до тимчасових водотоків.

Значний вплив на формування схилів долини мають обвали та яружна ерозія. Форма схилів різна. Круті схили досягають висоти 50-70 м, а пологі (рівномірно нахилені та слабко увігнуті) – 20-50 м.

Заплавні річки характерні: невелика висота над головним руслом, меандрування русла в межах заплави (де русло не каналізоване), розвиток заплави одного або двох рівнів. Поверхня заплави складена мулистими глинами, супісками, глинистими пісками, під якими залягають різнозерністі піски, іноді з галечником в основі. Визначальним процесом на заплаві є акумуляція. За рахунок надходження дрібнозернистого матеріалу зі схилів долини поверхня заплави нарощується. Він накопичується в присхильовій частині заплави у вигляді конусів винесення. По схилах долини збереглася перша надзаплавна тераса, заввишки 2-5 м і фрагментами друга тераса, заввишки 7-10 м. Тераси та заплава р. В. Куяльник розорані.

За геоморфологічними умовами долини, річка може бути поділена на ділянки: верхів'я, верхня та середня, середня, пониззя річки, заплава.

Верхів'я річки – вузька глибоковрізана симетрична долина. Інтенсивна ерозійна діяльність. Ухил русла 0,95 %. Щільність балочної та яружної мережі правого схилу складає 0,30-1,10 шт/км<sup>2</sup>, лівого – 0,20-0,80 шт/км<sup>2</sup>.

Верхня та середня ділянки річки – широка долина з першою надзаплавною акумулятивною терасою з слабкопокатим правим і пологим лівим схилами. Інтенсивна ерозійна розчленованість. Щільність балочної та яружної мережі правого схилу – 1,20-1,50 шт/км<sup>2</sup>, лівого – 1,0-2,2 шт/км<sup>2</sup>.

Середня ділянка річки – частина долини на чорноземах звичайних середньосуглинних, сильно змитих, з деградованими ділянками, в наслідок інтенсивної ерозійної діяльності. Щільність балочно-яружної мережі правого схилу – 5,6-14,7 шт/км<sup>2</sup>, лівого – 10,1-14,4 шт/км<sup>2</sup>. Русло каналізоване.

Пониззя річки – широка асиметрична долина з терасами, похилим і сильнопокатим правим схилом та пологим і слабкопокатим лівим схилом. Долина прорізає відкладення понтичного, меотичного та сарматського ярусів під лесами. Значна ерозійна розчленованість. Щільність балочної мережі на схилах складає 1,4-4,7 шт/км<sup>2</sup>. Русло каналізоване.

Заплава річки – ерозійно-акумулятивна, з потужністю алювію 1-5 м; ширина заплави – 200-1000 м, відносна висота над середнім меженним рівнем води – від 0,2 до 0,8 м; глибина затоплення при максимальних витратах води різної забезпеченості складає: при 1 % – 0,6-0,9 м, при 5 % – 0,4-0,6 м, при 25 % – 0,3-0,4 м; тривалість затоплення – 10-16 діб; лісистість – 3,5 %, залуженість – 76,6 %, розораність – 6,8 %, заболоченість – 0,79 %, меліорованість – 16,0 %, урбанізованість – 8,3 %.

Русло річки в природних умовах було меандруючим, його ширина на ділянці 170-136 км складала 3-10 м, на ділянці 136-0 км – 10-20 м; глибина на плесах – 0,8 м, на перекатах – 0,05 м; швидкість течії в межень – 0,01-0,03 м/с, в багатоводні періоди – 0,10 м/с; замулення – 0,3-0,6 м; заростання – 15-43 %.

## 1.2 Атмосферні опади в басейні лиману

Атмосферні опади є головною складовою прихідної частини водного стоку річок і тимчасових водотоків в басейні Куяльницького лиману. Крім прямого надходження атмосферних опадів на акваторію лиману, значна їх частина може надходити до водойми у вигляді поверхневого стоку річок і тимчасових водотоків з водозбірного басейну лиману. Але не сама річна кількість опадів визначає поверхневий природний стік води, а їх внутрішньорічний розподіл. Особливо це важливо для річок Північно-Західного Причорномор'я, де найменші втрати поверхневого стоку відносяться до весняного сезону, а найбільші – до літніх місяців, що пов'язано з особливостями внутрішньорічного розподілу атмосферних опадів в роки різної водності.

### 1.2.1 Характеристика багаторічного ходу атмосферних опадів

Для оцінки часового ходу атмосферних опадів та їх кількості на водозбірному басейні Куяльницького лиману були використані річні суми опадів ( $P_o$ , мм) по м/ст. Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр.

На рис. 1.1 представлений багаторічний хід річних сум опадів побудований за даними м/ст. Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр., на якому видно, що найбільша річна сума опадів спостерігалась у 1970 р. і становила 678,7 мм, а найменша у 1921 р. – 190,9 мм. Рис. 1.1 також свідчить про те, що на протязі усього періоду спостережень, тобто з 1894 по 2008 рр., має місце позитивний тренд. Якщо не враховувати перерви у спостереженнях (у 1904 і 1941-1944 рр.), то рівняння цього тренду буде мати вигляд:

$$P_o = 1,51 \cdot n + 322, \quad (1.1)$$

де  $n$  – порядковий номер років спостережень, починаючи з 1894 р.

Окремо побудовані лінії трендів для рядів з 1894 по 1940 рр. (1.2) та з 1945 по 2008 рр. (1.3), які також відзначаються позитивними тенденціями:

$$P_o = 1,40 \cdot n + 325 \quad (1.2)$$

та

$$P_o = 1,55 \cdot n + 398, \quad (1.3)$$

де  $n$  – порядковий номер років спостережень, починаючи з 1894 р. (1.2) та з 1945 р. (1.3).

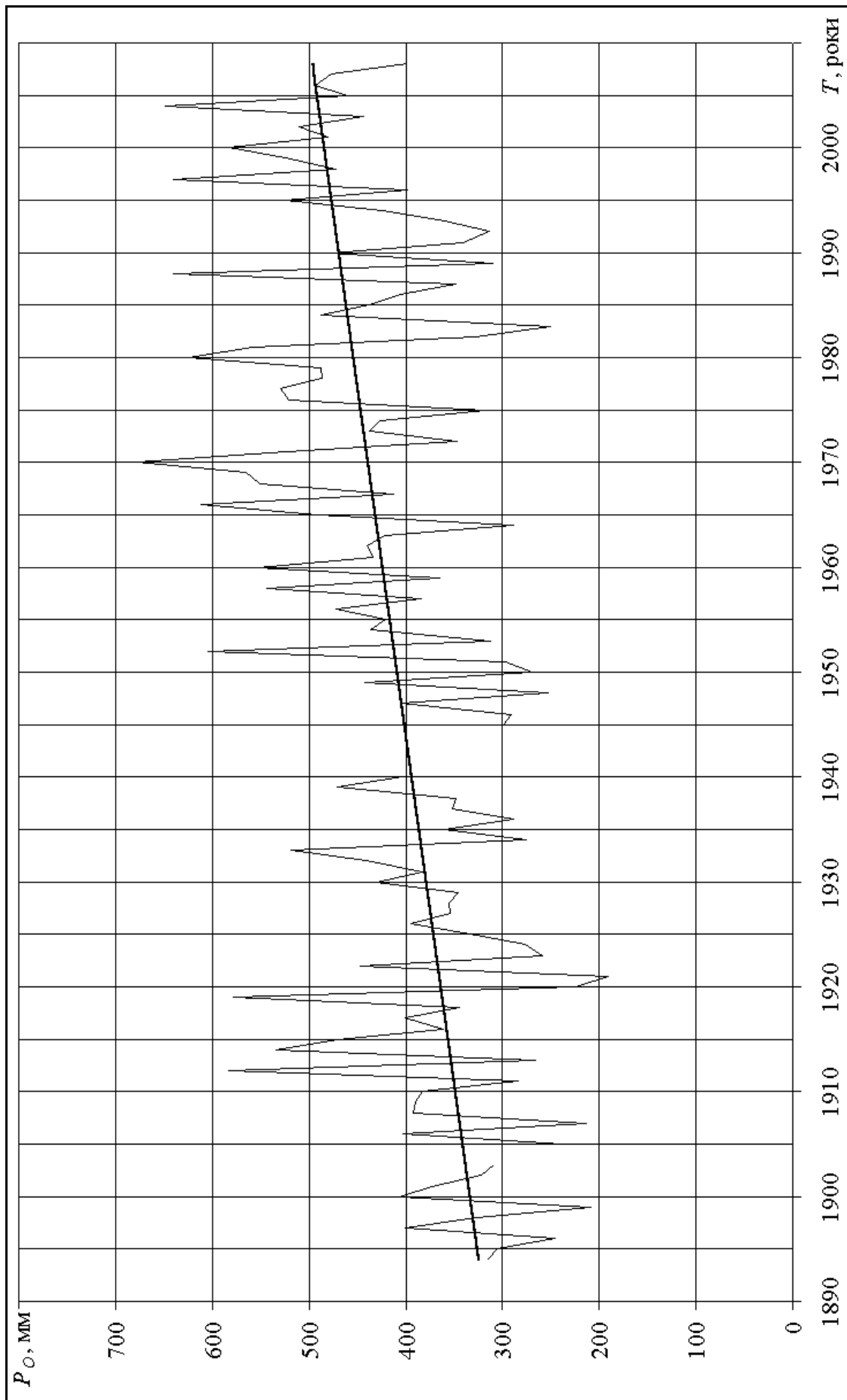


Рисунок 1.1 – Багаторічний хід річних сум атмосферних опадів  
(за даними метеостанції Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр.)

## 1.2.2 Статистичний аналіз даних по атмосферних опадах та їх внутрішньорічний розподіл

Для рядів місячних сум опадів по м/ст. Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр. було виконано статистичний аналіз даних, в результаті якого були розраховані середньобогаторічні місячні суми опадів ( $\bar{P}_o$ , мм), коефіцієнти варіації ( $C_v$ ) та відношення ( $C_s/C_v$ ) коефіцієнта асиметрії ( $C_s$ ) до коефіцієнта варіації. При цьому застосовувався метод найбільшої правдоподібності, походження якого пов'язане з застосуванням функції правдоподібності до визначення статистичних параметрів трипараметричного гама-розподілу С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля. За оцінку невідомого значення параметра щільності ймовірності в цьому методі приймається те його значення, при якому функція правдоподібності досягає свого максимуму для даної вибірки випадкових величин. Результати статистичного аналізу часового ряду місячних сум опадів по м/ст. Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр. представлені у табл. 1.1 та на рис. 1.2, 1.3 і 1.4.

Як видно з табл. 1.1 та рис. 1.2, опади досить рівномірно (за виключенням червня і липня) розподілені серед місяців року, збільшуючись від 26,3 мм – у березні, до 47,4 мм – у червні. Середньобогаторічна кількість річних опадів по м/ст. Одеса - ГМО з 1894 по 2008 рр. складає 408 мм.

Таблиця 1.1 – Статистичні параметри часового ряду місячних сум опадів по м/ст. Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр.

Місяці Параметри	1	2	3	4	5	6	7
$\bar{P}_o$ , мм	31,2	29,9	26,3	28,1	34,9	47,4	40,2
$C_v$	0,85	0,88	0,77	0,67	0,71	0,60	0,79
$C_s/C_v$	2,20	1,80	2,10	3,60	1,70	1,40	1,60

Продовження табл. 1.1

Місяці Параметри	8	9	10	11	12	Річні
$\bar{P}_o$ , мм	34,9	35,0	32,6	37,3	33,8	411,6
$C_v$	0,90	0,99	0,94	0,78	0,71	0,80
$C_s/C_v$	2,00	1,70	2,40	1,70	1,30	1,96

Коефіцієнти варіації внутрішньорічного розподілу місячних сум опадів (табл. 1.1, рис. 1.2) змінюються від 0,6 – у червні, до 0,99 – у вересні.

Значення внутрішньорічного розподілу співвідношення  $C_s/C_v$  (табл. 1.1, рис. 1.3) коливаються у межах від 1,3 до 2,4, за виключенням квітня, коли  $C_s/C_v$  становило 3,6.

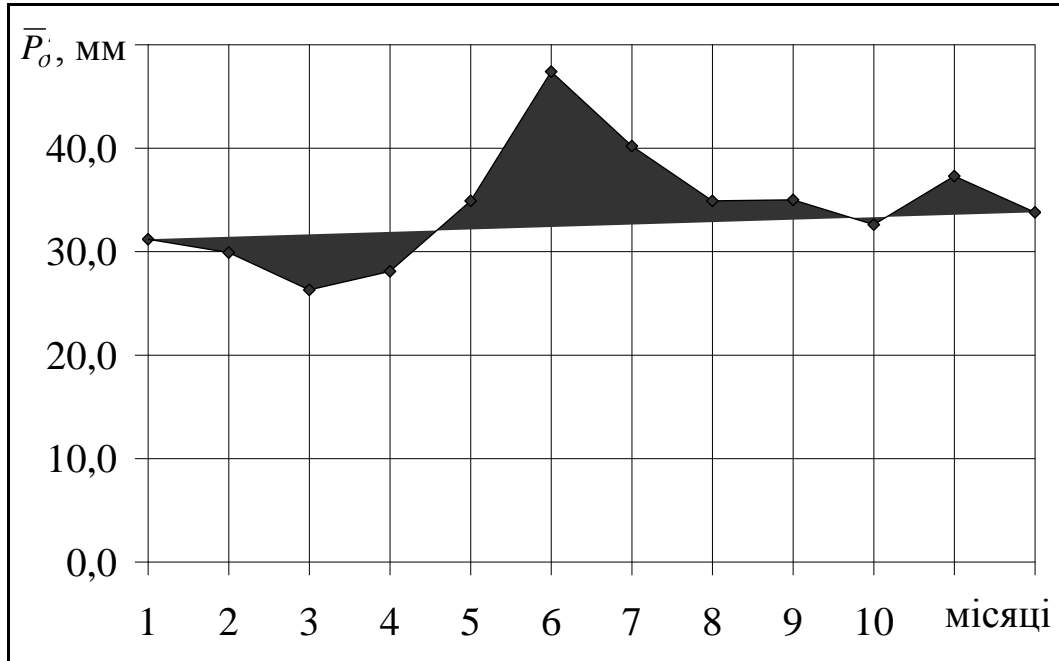


Рисунок 1.2 – Внутрішньорічний розподіл місячних сум опадів  $\bar{P}_o$ , мм, по м/ст. Одеса – ГМО

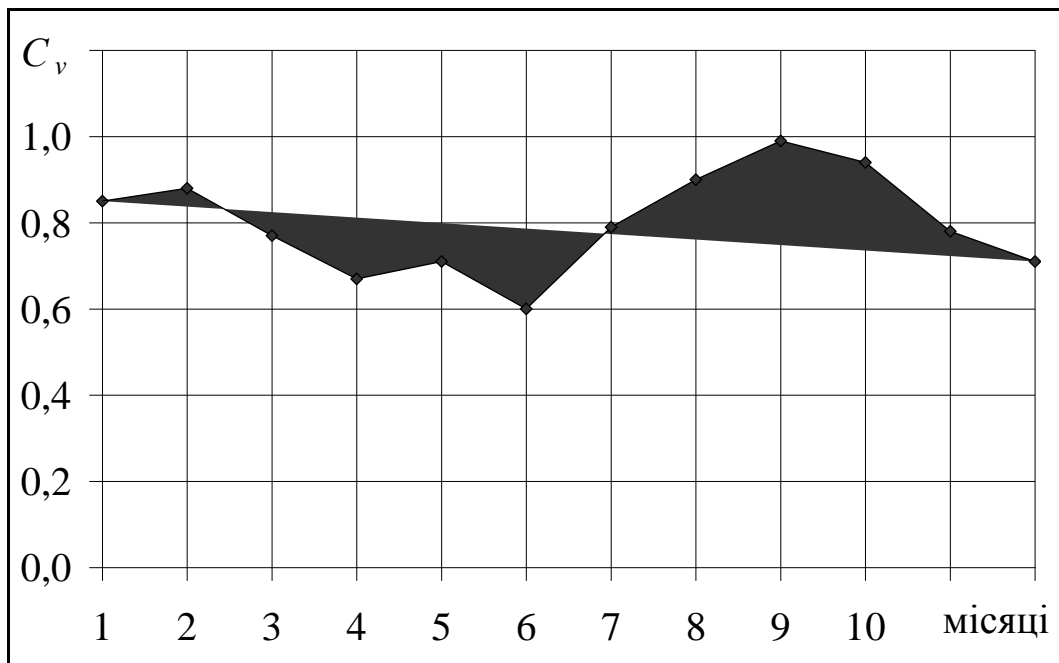


Рисунок 1.3 – Внутрішньорічний розподіл коефіцієнтів варіації  $C_v$  місячних сум опадів по м/ст. Одеса – ГМО

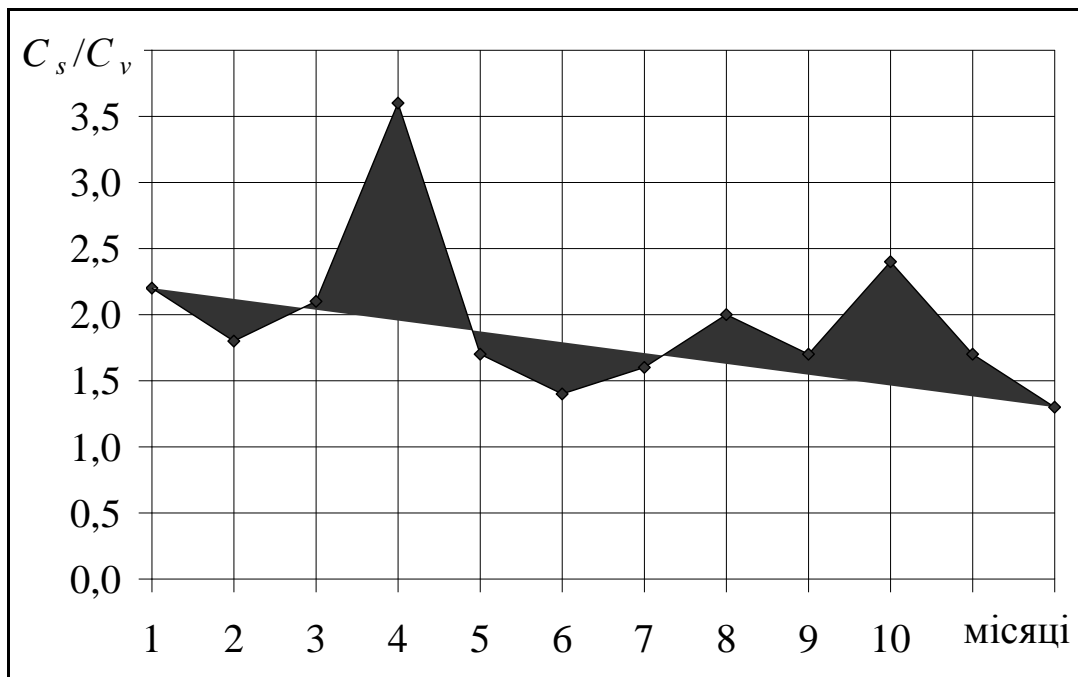


Рисунок 1.4 – Внутрішньорічний розподіл співвідношення  $C_s/C_v$  місячних сум опадів по м/ст. Одеса – ГМО

Внутрішньорічний розподіл опадів на території водозбірного басейну Куяльницького лиману залежить від водності року. З цією метою весь період спостережень з 1894 по 2008 рр. за річними сумами опадів  $P_o$ , мм, по м/ст. Одеса – ГМО був розподілений на 3 групи водності: багатоводну, середньоводну та маловодну групи років (табл. 1.2).

Далі для опадів за групами водності були розраховані середньобагаторічні місячні суми опадів  $\bar{P}_o$ , мм, коефіцієнти варіації  $C_v$  та співвідношення  $C_s/C_v$  (табл. 1.3, 1.4 і 1.5).

За даними табл. 1.3, 1.4 і 1.5 побудовані хронологічні графіки, представлені на рис. 1.4, 1.5 і 1.6, на яких з табл. 1.1 також були нанесені відповідні значення статистичних параметрів часового ряду місячних сум опадів по м/ст. Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр.

Як видно з табл. 1.1 та 1.3, рис. 1.4, середньобагаторічні місячні суми опадів  $\bar{P}_o$  майже однотипні за внутрішньорічним розподілом, особливо це відноситься до першої половини року. У другій половині року ця закономірність виражена дещо слабше.

У внутрішньорічному розподілу коефіцієнтів варіації (табл. 1.1 та 1.4, рис. 1.5) у перше півріччя, незалежно від водності року,  $C_v$  у середньому дорівнює 0,65. З червня і по вересень включно коефіцієнти варіації дещо збільшуються (до 0,80-1,10), а потім знову зменшуються до значень, які мали місце у першу половину року.

Співвідношення  $C_s/C_v$  (табл. 1.1 та 1.5, рис. 1.6) у середньому для всіх варіантів внутрішньорічного розподілу опадів знаходиться на рівні двох, але зі значними коливаннями як в одну, так і в іншу сторону (від 0,70 до 3,70).

Таблиця 1.2 – Групи водності річних сум опадів  $P_O$  за період спостережень з 1894 по 2008 рр. по м/ст. Одеса – ГМО

Багатоводна		Середньоводна		Маловодна	
Рік	$P_O$ , мм	Рік	$P_O$ , мм	Рік	$P_O$ , мм
1912	583,5	1897	400,6	1894	315,3
1914	534,6	1900	407,1	1895	305,8
1915	471,4	1901	372,7	1896	246,0
1919	578,7	1906	402,6	1898	326,6
1922	446,7	1908	392,5	1899	208,3
1930	430,7	1909	390,0	1902	322,4
1933	518,8	1910	383,3	1903	308,4
1939	471,4	1916	361,1	1905	239,0
1952	605,0	1917	400,2	1907	213,6
1956	472,2	1926	394,8	1911	283,9
1958	543,9	1927	354,6	1913	265,9
1960	553,3	1928	355,6	1918	344,9
1965	491,2	1930	430,7	1920	224,0
1966	611,1	1931	382,8	1921	190,9
1968	551,4	1932	441,7	1923	258,5
1969	565,1	1935	359,9	1924	276,6
1970	678,7	1937	351,4	1925	333,9
1971	523,0	1940	403,2	1929	346,1
1976	521,6	1947	405,9	1934	275,3
1977	529,2	1949	442,9	1936	288,6
1978	486,0	1954	436,7	1938	348,7
1979	487,3	1955	420,4	1945	298,7
1980	625,0	1957	384,5	1946	290,9
1981	558,4	1959	365,3	1948	252,6
1984	487,1	1961	433,9	1950	269,1
1990	478,0	1962	440,2	1951	297,3
1995	525,0	1963	422,5	1953	312,6
1997	640,0	1967	412,7	1964	288,0
1998	472,0	1973	437,6	1972	346,4
1999	524,0	1974	427,1	1975	317,2
2000	583,0	1985	437,6	1982	327,7
2001	481,0	1986	405,3	1983	250,5
2002	510,0	1993	360,0	1987	348,6
2003	443,0	1994	425,0	1989	310,2
2004	648,0	1996	398,0	1991	340,7
2005	460,0	2008	398,0	1992	313,0
2006	494,0				
2007	477,0				



Таблиця 1.3 – Місячні суми опадів  $\bar{P}_o$ , мм, по м/ст. Одеса – ГМО для різних за водністю груп років

Місяці \ Водність	1	2	3	4	5	6	7
Багатоводна	44,2	36,6	36,5	34,6	44,2	51,8	47,2
Середньоводна	29,8	32,9	24,7	27,4	30,6	51,9	43,1
Маловодна	18,5	17,1	15,5	23,7	29,2	38,5	25,8

Продовження табл. 1.3

Місяці \ Водність	8	9	10	11	12	Сума за рік
Багатоводна	44,1	53,9	42,0	51,4	43,2	529,7
Середньоводна	32,1	26,0	30,3	32,7	39,7	401,1
Маловодна	27,3	24,2	26,1	25,7	19,6	291,3

Таблиця 1.4 – Коефіцієнти варіації місячних сум опадів  $C_v$  по м/ст. Одеса – ГМО для різних за водністю груп років

Місяці \ Водність	1	2	3	4	5	6	7
Багатоводна	0,75	0,75	0,75	0,75	0,67	0,54	0,73
Середньоводна	0,63	0,84	0,73	0,50	0,71	0,60	0,67
Маловодна	0,97	0,91	0,67	0,57	0,68	0,58	0,71

Продовження табл. 1.4

Місяці \ Водність	8	9	10	11	12	Середньорічне
Багатоводна	0,83	0,77	0,96	0,66	0,64	0,73
Середньоводна	0,95	1,03	0,85	0,72	0,60	0,74
Маловодна	0,82	1,15	0,87	0,85	0,71	0,79

Таблиця 1.5 – Співвідношення  $C_s/C_v$  місячних сум опадів по м/ст. Одеса – ГМО для різних за водністю груп років

Місяці \ Водність	1	2	3	4	5	6	7
Багатоводна	2,30	2,60	2,60	3,60	1,90	1,40	1,40
Середньоводна	1,20	1,70	1,10	1,10	1,00	0,70	1,20
Маловодна	2,50	2,10	0,70	1,50	1,40	2,70	1,90

Продовження табл. 1.5

Місяці \ Водність	8	9	10	11	12	Середньорічне
Багатоводна	2,30	1,30	3,20	1,60	1,10	2,11
Середньоводна	2,60	1,60	1,10	2,70	1,30	1,44
Маловодна	1,90	3,70	1,40	1,30	0,50	1,80

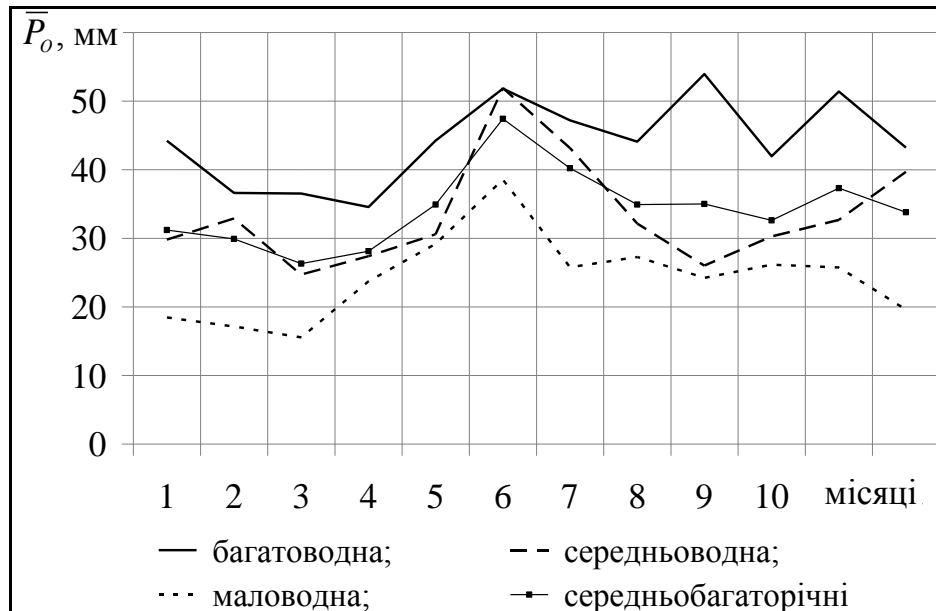


Рисунок 1.4 – Внутрішньорічний розподіл місячних сум опадів  $\bar{P}_0$  по м/ст. Одеса – ГМО за групами водності



Рисунок 1.5 – Внутрішньорічний розподіл коефіцієнтів варіації  $C_v$  місячних сум опадів по м/ст. Одеса – ГМО за групами водності

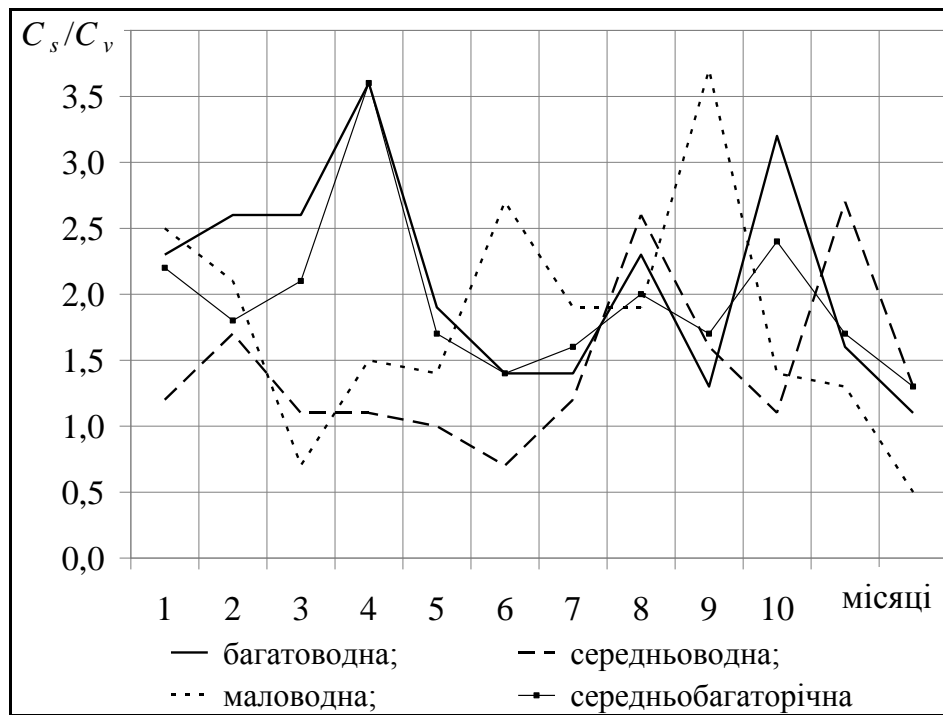


Рисунок 1.6 – Внутрішньорічний розподіл співвідношення  $C_s/C_v$  місячних сум опадів по м/ст. Одеса – ГМО за групами водності

### 1.3 Випаровування з водної поверхні в басейні р. В. Куяльник

Випаровування з водної поверхні прісних водойм в Північно-Західного Причорномор'я коливається від 639 до 886 мм за рік, при нормі 764 мм за рік.

Середньомісячні та середньорічні величини випаровування ( $E_B$ , мм) з водної поверхні в басейні р. В. Куяльник розраховані по даним м/ст. Болград (табл. 1.6) на прісному оз. Ялпуг за період з 1960 по 2007 рр. (рис. 1.7).

Таблиця 1.6 – Середні місячні та річні величини випаровування ( $E_B$ , мм)

III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
42,8	65,7	105,5	131,6	151,5	139,8	96,6	58,2	25,1	9,9	776,7

Як видно з табл. 1.6, найбільші середньобагаторічні місячні значення випаровування припадають на літні місяці, а саме: у червні – 131,6 мм, у липні – 151,5 мм та у серпні – 139,8 мм. Середня за період з 1960 по 2007 рр. річна величина випаровування по даним м/ст. Болград складає 776,7 мм. Найбільше річне випаровування спостерігалось у 1972 р. і складало 1151 мм, найменше – у 1978 р. і складало 645 мм.

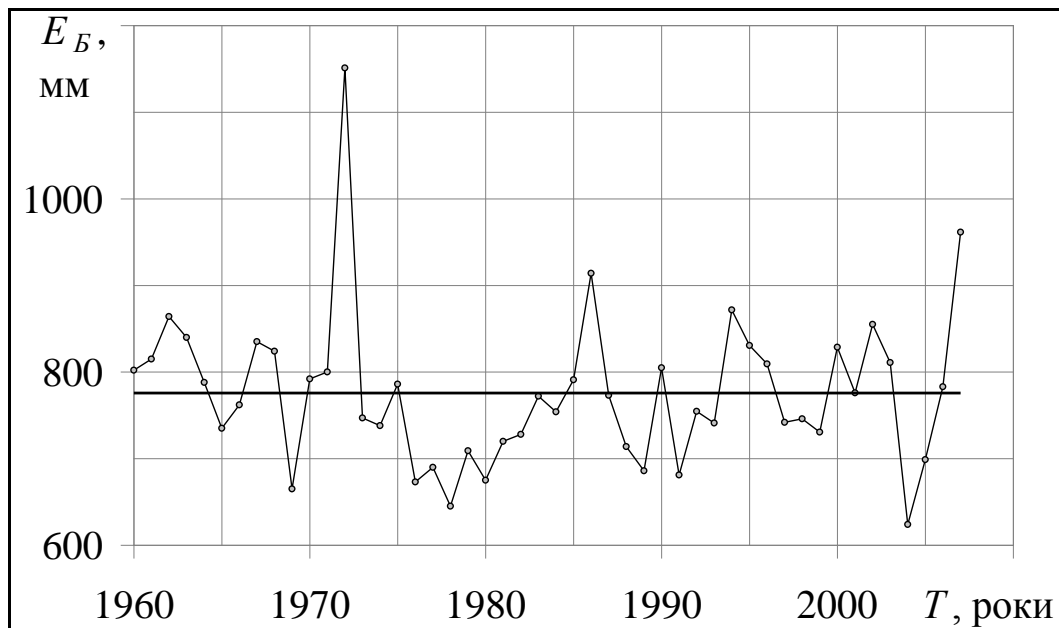


Рисунок 1.7 – Багаторічні зміни річних величин випаровування ( $E_B$ , мм) по даних м/ст. Болград на оз. Ялпуг за період з 1960 по 2007 рр.

#### 1.4 Характеристика річкового стоку води в басейні лиману

На жаль, постійні стаціонарні спостереження за стоком р. В. Куяльник та інших водотоків в басейні Куяльницького лиману не відбуваються. Тому розрахунок стоку поверхневих вод прямим шляхом можливий тільки за існуючими регіональними методиками та нормативними документами.

Для розрахунку за нормативним документом СНіП 2.01.14-83 [4] природного річкового стоку в басейні Куяльницького лиману використовують карти середньорічного модуля стоку річок  $\bar{q}$ , л/(с·км<sup>2</sup>) та коефіцієнтів варіації  $C_v$  і співвідношення  $C_s/C_v$ .

В цьому випадку у величині річкового стоку води в басейні лиману буде враховано як об'єм поверхневих вод, так і підземних.

Середньобагаторічні значення стоку за картами встановлюються для геометричних центрів тяжіння водозборів шляхом лінійної інтерполяції між ізолініями стоку та розраховуються за формулою:

$$\bar{Q} = \frac{\bar{q} \cdot F}{10^3}, \quad (1.4)$$

де  $\bar{Q}$  – середньобагаторічна витрата води, м<sup>3</sup>/с;

$\bar{q}$  – норма стоку, л/(с·км<sup>2</sup>);

$F$  – площа водозбору, км<sup>2</sup>.

Для невивчених річок значення співвідношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації  $C_s/C_v$  приймається теж за картою [5].

Норма стоку для водозбору р. В. Куяльник та басейну Куяльницького лиману в середньому складає  $\bar{q} = 0,35$  л/(с·км<sup>2</sup>), коефіцієнт варіації –  $C_v = 1,0$ , а співвідношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації –  $C_s/C_v = 2,0$ .

Типовий внутрішньорічний розподіл стоку річок Північно-Західного Причорномор'я представлений у табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Типовий внутрішньорічний розподіл стоку річок Північно-Західного Причорномор'я (%) для різних за водністю років

Місяці	1	2	3	4	5	6	7
Водність							
Багатоводний	4,9	22,2	49,2	5,3	4,9	4,0	2,9
Середньоводний	6,9	20,3	51,5	6,8	6,6	3,1	0
Маловодний	5,6	24,9	48,9	8,6	8,0	0	0

Продовження табл. 1.7

Місяці	8	9	10	11	12	Сума за рік
Водність						
Багатоводний	0	0	0	3,7	2,9	100
Середньоводний	0	0	0	1,9	2,9	100
Маловодний	0	0	0	0	0	100

### 1.5 Господарська діяльність в басейні р. В. Куяльник

На території басейна річки в двох селищах міського типу та 75 селищах проживає близько 60 тис. чоловік. Найбільш крупне промислове підприємство – Ширяєвський молочний завод [1].

На басейні р. В. Куяльник дуже висока сільськогосподарська освоєність території, яка складає близько 46,0 %. Сільськогосподарські угіддя складають 81,0 % (152,95 тис. га) від загальної площі басейну, з яких 74,5 % – орні землі. В межах прибережної смуги річки відносний склад різних угідь складає: рілля – 14 %, сінокіс – 16 %, пасовища – 29 %, присадибні ділянки – 20 %, ліси або чагарники – 9 %, болота – 1 %, інші угіддя – 11 %.

Кількість мінеральних добрив (у перерахунку на 100 % речовини), що вносилися на 1 га сільськогосподарських угідь, складала 85 кг, всього – 90,2 тис. ц, зокрема, азотних – 39,49 тис. ц, фосфорних – 35,0 тис. ц, калійних – 15,8 тис. ц. Також вносилися отрутохімікати в об'ємі 266 ц, зокрема, хлорорганічні – 23 ц, фосфорорганічні – 243 ц.

В останні роки активна господарська діяльність призвела до площинної та лінійної ерозії орних земель. Для боротьби з нею здійснено перерозподіл цих земель під лісосмуги, садово-городні та присадибні ділянки. Загальна площа заліснених земель в басейні р. В. Куяльник, станом на 1992 р., складала 9,06

тис. га (4,87 % від загальної площі), з яких Держлісфонду належить 2,90 тис. га (1,55 %), до лісів колективного господарства – 4,01 тис. га (2,16 %), протиерозійні лісові насадження складають 215 тис. га (1,16 %).

Тваринницькі виробництва в басейні лиману, станом на 1992 р., характеризувалися такою чисельністю: домашніх птахів – 219100 шт., великої рогатої худоби 65640 шт. (корови – 14060 шт., свині – 38830 шт., вівці та кози – 22800 шт., коні – 2220 шт.). В результаті тваринництва в басейні об'єм гною складав 370,5 тис. т, вихід рідкої фракції – 264,71 тис. т., які використовувалися у якості органічних добрив. На 1 га ріллі вносилося 4,43 т таких органічних добрив, а всього – 471,93 тис. т.

Басейн р. В. Куяльник бідний на корисні копалини. Між іншим, у його межах експлуатуються родовища деяких будівельних матеріалів, а саме: вапняків (селища Калинівка, Іванівка, Олександрівка, Соколове, Лізінка), глин (с. Долинське, смт Ширяєво), пісків (селища Ул'янівка та Корсакове). На даний час спостерігається активізація використання вказаних кар'єрів для потреб індивідуального житлового будівництва.

Активна господарська діяльність призводить до значного використання водних ресурсів басейну р. В. Куяльник, яке складає 60-100 % від річного водного стоку. Основні напрямки споживання води це: водопостачання – 6194 тис. м<sup>3</sup> та зволоження осушених ділянок заплави – 5840 тис. м<sup>3</sup>. Останнє передбачає в багатоводні та середні за водністю роки подвійне регулювання водного режиму заплави, шляхом акумуляції в русловій системі річки вод весняного водопілля і дощових паводків об'ємом близько 1,5-2,0 млн. м<sup>3</sup> та подальше осушення заплави під час посушливих сезонів року.

Взагалі, сумарна річна потреба у воді складає близько 12489 тис. м<sup>3</sup>, безповоротне споживання – 9325 тис. м<sup>3</sup>. При цьому річний забір води різними галузями господарства складає: з річки – 5840 тис. м<sup>3</sup>, з водосховищ і ставків – 455 тис. м<sup>3</sup>, з підземних джерел – 6194 тис. м<sup>3</sup>.

Скидання використаних вод проводиться головним чином у вигрібні ємності та складає за рік близько 3164 тис. м<sup>3</sup>. Очисні споруди в басейні відсутні. Періодично через б. Корозея відбуваються залпові, ненормовані скидання комунально-побутових стоків м. Котовська [1].

## 1.6 Регулювання стоку води р. В. Куяльник та інших водотоків басейну

Серед невеликих річок Північно-Західного Причорномор'я особливо високою зарегульованістю виділяється р. В. Куяльник (поняття «природний стік» для неї цілком утратило своє значення). Основну роль у цьому відіграють численні ставки та водосховища, розташовані в басейні річки.

Повне обстеження ставків та водосховищ у басейні річки було виконано в 1961-1962 рр. експедицією ОГМІ під керівництвом О.І. Молдованова. Кількість штучних водойм на той час склала 145 шт., з яких близько 40 % було зруйнованими дамбами або пересохлими [6]. Практично для всіх ставків та водосховищ були визначені основні характеристики та розміри замулення.

На жаль, з тих пір докладні повні дослідження штучних водойм в басейні р. В. Куяльник не виконувалися, а ті, які здійснювалися, мали або рекогносцирувальний характер, або охоплювали лише окремі частини басейну, як, наприклад проведені ОДУ ім. І.І. Мечнікова в 1977-1980 рр. (на р. Кошкова) та УкрНДГМІ – в 1982-1987 рр. [1].

За результатами досліджень 1961-1962 рр., сумарний об'єм ставків і водосховищ складав 13,9 млн. м<sup>3</sup>, що відповідає 50 % норми водного стоку річки в гирловому створі (с. Северинівка). Іншими словами, у середні за водністю роки, ставками та водосховищами могла перехоплюватися половина природного стоку річки, а в маловодні – практично весь стік. Тільки під час особливо високих водопіль і паводків вода переливалася через гребені гребель (більшість з них – «глухі») або руйнувала їх та потрапляла в лиман, як наприклад, в період водопілля 1968 р. [1].

За даними інституту «УкрПівденДІПроВодГосп» [2], у 1992 р. кількість діючих ставків та водосховищ помітно знизилась і склала 36 шт., з сумарним об'ємом – 6,42 млн. м<sup>3</sup>.

За результатами зіставлення схем розташування та кількості ставків і водосховищ у басейні р. В. Куяльник в 1962 та 1992 рр. встановлено, що значна частина ставків зруйнована, але було споруджено кілька нових ставків. Крім того, у результаті рекогносцирувального обстеження р. Кошкова, проведеного влітку 1995 р., з'ясовано, що всі наявні там ставки вже протягом декількох років без води [1]. Варто очікувати аналогічну картину й на іншій частині басейну річки. Причина тому – серія посушливих років, яка мала місце на даній території з 1991 по 1994 рр.

У басейні річки є два водосховища: на р. Кошкова об'ємом 2,56 млн. м<sup>3</sup>, з площею водного дзеркала – 146 га, та на б. Силовка об'ємом 1,35 млн. м<sup>3</sup>, з площею водного дзеркала – 52,1 га. Загальний об'єм регулювання стоку ставками та водоймищами, станом на 1995 р., складає 10,33 млн. м<sup>3</sup>, тобто – 39 % від природного стоку р. В. Куяльник 50 % забезпеченості.

Незважаючи на те, що величина стоку, яка потенційно може затримуватися штучними водоймами на водозборі, дещо знизилася, більше води до лиману надходити не стало. Пояснюється це декількома причинами.

Перша причина полягає в тому, що на величину регулювання стоку впливає не тільки кількість ставків та їхній об'єм, але й розташування їх на водозборі. Досить декількох великих ставків, розташованих в гирлах приток, а також головної річки і практично весь стік з площі водозборів, буде перехоплений. Наочним прикладом тому є водоймища, розташовані в гирлах р. Кошкова та р. В. Куяльник (с. Северинівка).

Друга причина, яка помітно вплинула на зменшення об'єму водного стоку р. В. Куяльник, пов'язана з реконструкцією русла: 132 км основного русла річки (з 170 км) спрямлено та розчищено, що проведено без детального вивчення гідрологічних і гідрогеологічних умов басейну. Як показує вивчення невеликих річок південного заходу України, на яких виконувались роботи по регулюванню стоку шляхом розчищення та випрямлення їхніх русел, такі заходи можуть зробити самий різний вплив на водний режим цих річок [1]. У багатьох

випадках, випрямлення та розчищення русел, сприяли розкриттю ґрунтового стоку та в результаті цього збільшенню поверхневого стоку (наприклад, рр. Хаджидер і Сарата). Однак на р. В. Куяльник, через те, що ґрунтовий стік річки незначний, цього не відбулося. Більш того, проведені заходи призвели до зменшення поверхневого стоку. Це пов'язано з тим, що каналізоване русло, дренуючи водоносний шар сучасних алювіальних і алювіально-делювіальних відкладень, збезводнило товщу заплавних відкладень. Заплава перетворилася у своєрідний накопичувач, який затримує поверхневий стік, що формується на заплаві та на схилах долини [1].

Випрямлення та розчищення русла є тільки частиною заходів, що входять до гідротехнічної системи регулювання водного стоку р. В. Куяльник. Іншою її складовою є спорудження шлюзів-регуляторів.

За даними інституту «УкрПівденДІПроВодГосп» [2], тільки в основному руслі річки їх нараховується близько 20 шт., які побудовані для затримки води (об'ємом близько 1,5-2,0 млн. м<sup>3</sup>) у періоди весняного водопілля та дощових паводків. Завдяки виконаним у 1995 р. обстеженням [1], встановлено, що більшість шлюзів-регуляторів знаходяться в несправному стані. Це свідчить про те, що ніякого управлінського регулювання, як це передбачалося при їхньому будівництві, шлюзи-регулятори не здійснюють, будучи по-суті спорудженнями, що тільки перехоплюють поверхневий стік.

Отже, можна зробити висновок, що проведені заходи по регулюванню стоку р. В. Куяльник не дали очікуваних результатів, а фактично призвели до протилежного результату – катастрофічного зниження стоку річки. Стік води з річки в лиман, навіть під час проходження водопіль і паводків практично відсутній, бо перехоплюється на водозборі ставками, водосховищами та шлюзами-регуляторами, за винятком екстремальних за водністю років.



## 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ

### 2.1 Історичні відомості про формування лиману

Куяльницький лиман знаходиться в 8,5 км західніше від м. Одеси та є продовженням долини р. В. Куяльник. Площа водозбору лиману, з урахуванням басейнів всіх приток, складає 2250 км<sup>2</sup>.

Куяльницький лиман належить до групи закритих лиманів і є одним із найдавніших на території Північно-Західного Причорномор'я [1,7]. Виникнення лиманів в цьому регіоні відносять до середнього пліоцену, до якого Причорномор'я було низинною рівниною. Підняття території, що відбулося в зазначений період, призвело до розчленування рельєфу та утворення річкових долин. Гирлові ділянки річок за період середнього та пізнього пліоцену поглибилися на 25-30 м. Море, що наступило на ці ділянки річок, й обумовило утворення лиманів Причорномор'я. Пізніше, у зв'язку з чергуванням регресії та трансгресії, неодноразово змінювалися обриси лиманів. Сучасний вигляд берегової зони Куяльницького лиману формувався протягом останніх 5,0-5,5 тис. років, коли рівень води в Чорному морі вперше досяг сучасних відміток. Наступні коливання рівня моря, у тому числі фанаторійська регресія (від 4,5-4,4 тис. років до н.е. до II-III ст. н.е.) і німорейська трансгресія (триває понині), вплинули на сучасні розміри та конфігурацію лиману.

У розвитку улоговини Куяльницького лиману виділяють дві стадії: річкова долина та лиман. Остання стадія, у свою чергу, може бути поділена на 2 етапи: 1) етап існування відкритого естуарію, 2) лиманний етап, коли водойма втратила зв'язок з морем. Відділення Куяльницького лиману від моря відбулося, відповідно до історичних даних і археологічних розкопок, не пізніше XV сторіччя [1,8].

### 2.2 Кліматична характеристика території лиману

Клімат даної території помірно-континентальний з недостатнім зволоженням, нетривалою м'якою зимою та тривалим жарким літом. Характерні різкі коливання величин метеорологічних величин, як в перебігу року, так і на протязі діб. Однак, безпосередня близькість до моря згладжує коливання температури та вологості повітря в літній період року.

#### 2.2.1 Загальна кліматична характеристика за сезонами року

Приведена нижче характеристика дає уявлення про загальні риси клімату території лиману за сезонами року.

Літо тривале (130-140 діб), характеризується великою кількістю сонячної радіації, високими значеннями температур повітря та їх стійкістю: більше двох місяців (липень, серпень) середня добова температура повітря перевищує 20 °С, максимальна температура – 36 °С відмічена в липні. Для літа характерні тривалі періоди без опадів, іноді до двох місяців. Оподи випадають, як правило, у вигляді злив. Максимальна добова сума опадів – 108 мм зареєстрована в червні. Влітку переважають північно-західні та північні вітри. Повторюваність їх в цей період досягає 22 % . Ці величини відображають бризовий характер циркуляції та загальне північно-західне перенесення повітряних мас в літній період. Середньомісячні величини швидкості вітру в цей час найнижчі протягом року.

Осінь, тривалість якої близько 60 діб, порівняно тепла. Опадів небагато (60-70 мм за сезон), випадають вони у вигляді затяжних дощів, мряки. Хмарність в цей період збільшується. У листопаді налічується до 70 % похмурих днів. Вітри – північно-західні, північно-східні та східні, їх швидкості в порівнянні з літом зростають.

Зима триває близько 80 діб і відрізняється значною мінливістю погоди. Спостерігаються часті відлиги. Середньодобова температура повітря в цей період коливається в широких межах: від мінус 20 °С до плюс 15 °С. Найбільш холодними є друга та третя декади січня, а також перша декада лютого. Мінімальна температура повітря в цей час досягає мінус 28 °С, а середньомісячна – мінус 4,7 °С. Зима характеризується значною хмарністю (до 77 % похмурих днів), випаданням опадів невеликої кількості (70-90 мм за сезон). Переважає вітер північного напрямку, із швидкістю значно вищою, ніж влітку та восени. Повторюваність вітрів із швидкістю 6-10 м/с становить близько 30-32 %, а 11-15 м/с – 2,5 % .

Весна відносно коротка, близько 2 місяців, з інтенсивним наростанням кількості сонячної радіації, швидким зростанням температур повітря. Сума опадів досягає 100-110 мм, які частіше випадають у вигляді злив. Навесні переважають вітри південного (повторюваність 20 %) і північного (15 %) напрямів, що пояснюється розвитком бризів.

### 2.2.2 Кліматичні особливості території лиману

Деякі кліматичні особливості, властиві тільки Куяльницькому лиману, відмічені ще в першій половині минулого століття В.О. Пальчинським [1]. Ці особливості справедливі і для сучасних кліматичних умов, оскільки відображають загальні закономірності природних процесів, що відбуваються на території лиману. В.О. Пальчинський характеризує клімат лиману, як клімат «типової лиманової балки». Він виділяє на лимані п'ять мікрокліматичних зон: 1) вузька смуга уздовж схилу Жевахової гори, яка зайнята санаторіями; 2) пляж лиману; 3) східний схил Жевахової гори; 4) вододільне плато; 5) парк.

Ці дослідження вказують на те, що найбільші та різкі відмінності, у порівнянні з даними м/ст. Одеса – ГМО, стосуються температурного режиму

балки Куяльницького лиману, які характеризуються значним підвищенням температури повітря в денний період доби (до 4 °С). Це пояснюється різним ступенем вентиляції в денний період доби Куяльницької балки та Приморського плато, а в темну частину доби ще й надходженням холодного повітря зі схилів Жевахової гори. Крім того, В.О. Пальчинський відзначає вищі значення абсолютної вологості повітря на узбережжі лиману, ніж на м/ст. Одеса – ГМО. Ці кліматичні особливості збереглися до цього час.

Істотних відмінностей в сумах опадів між даними на м/ст. Одеса – ГМО та акваторії лиману не має. Хоча, в дослідженнях ОНУ ім. І.І. Мечникова [1], відмінності в кількості опадів на території лиману та м/ст. Одеса – ГМО в деякі дні року можуть бути істотними, особливо для опадів, що випадають влітку за рахунок короточасних злив з невеликою площею розповсюдження.

### 2.2.3 Атмосферні опади на акваторії Куяльницького лиману

Для характеристики кількості атмосферних опадів на водозбірному басейні Куяльницького лиману були використані результати спостережень по м/ст. Одеса – ГМО за період більше ста десяти років (з 1894 по 2008 рр.). Але м/ст. Одеса – ГМО розташована на відстані близько 10 км від акваторії Куяльницького лиману. Тому вченими ОГМІ та ОДУ ім. І.І. Мечникова в попередніх дослідженнях цієї проблеми [1 та інш.] встановлені перехідні коефіцієнти  $k$  від місячних і річних сум опадів  $P_O$  по м/ст. Одеса – ГМО до місячних і річних сум опадів  $P_K$  на Куяльницькому лимані (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Перехідні коефіцієнти  $k$  від місячних і річних опадів по м/ст. Одеса – ГМО до місячних і річних опадів на Куяльницькому лимані

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
$k$	0,85	0,83	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	0,90	0,87	0,94

З табл. 2.1 видно, що в холодний період року коефіцієнт  $k$  змінюється від 0,92 – у жовтні, до 0,83 – у лютому, а в теплий (квітень-вересень) –  $k = 1,00$ .

### 2.2.4 Випаровування з водної поверхні лиману

Аналіз випаровування ( $E_B$ , мм) на водозбірному басейні Куяльницького лиману, що наведена в розділі 1 (пп. 1.3), виконувалася за даними м/ст. Болград за період з 1960 по 2007 рр.

Однак відомо, що інтенсивність випаровування з поверхні солоних водойм залежить від концентрації їх розсолів та складу солей. Для порівняння величин випаровування розсолів різної концентрації можна використовувати коефіцієнт випаровуваності  $k_S$ , який являє собою відношення величин випаровування

розсолу тієї чи іншої концентрації до величини випаровування прісної води. Він завжди менше одиниці та зменшується з підвищенням солоності води ( $S$ , ‰).

За результатами спостережень на Сакських соляних промислах Кримського півострова, була складена таблиця перехідних коефіцієнтів для розрахунку величини випаровування з поверхні соляних водойм при мінералізації від 90 до 330 ‰ [9]. В діапазоні від 0 до 60 ‰ середні значення перехідних коефіцієнтів наводяться у роботі Боброва С.М. (за матеріалами досліджень на Каспійському морі) [10]. З урахуванням цих даних нами надаються перехідні коефіцієнти для розрахунку величини випаровування з солоних водойм (у тому числі Куяльницького лиману) з різною солоністю води, які наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Перехідні коефіцієнти  $k_S$  для розрахунку величини випаровування з солоних водойм з різною солоністю води  $S$ , ‰

$S$ , ‰	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	сер.
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
20	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
40	0,87	0,87	0,88	0,88	0,97	0,90	0,86	0,87
60	0,81	0,81	0,83	0,83	0,89	0,85	0,80	0,82
90	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,80	0,84
180	0,60	0,60	0,70	0,70	0,70	0,70	0,60	0,66
260	0,40	0,40	0,50	0,60	0,60	0,50	0,20	0,46
300	0,30	0,30	0,40	0,50	0,50	0,40	-	0,40
330	0,20	0,20	0,30	0,40	0,30	0,30	-	0,28

Середній багаторічний шар випаровування по місяцях і за рік з водного дзеркала Куяльницького лиману ( $E_K$ , мм) при різній солоності води ( $S$ , ‰) та з урахуванням перехідних коефіцієнтів  $k_S$  з табл. 2.2, наведені у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Середні багаторічні значення випаровування з водного дзеркала Куяльницького лиману  $E_K$ , мм, при різній солоності води  $S$ , ‰

$S$ , ‰	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	За рік
0	42,8	65,7	105,5	131,6	151,5	139,8	96,6	58,2	25,1	776,7
10	42,0	64,0	102,0	128,0	147,0	136,0	94,0	56,0	24,0	753,0
20	40,0	61,0	98,0	122,0	141,0	130,0	90,0	54,0	23,0	722,0
40	37,0	57,0	92,0	116,0	133,0	128,0	87,0	50,0	22,0	676,0
60	35,0	53,0	86,0	109,0	125,0	124,0	82,0	47,0	20,0	637,0
90	34,0	53,0	84,0	105,0	136,0	126,0	87,0	47,0	20,0	655,0
180	26,0	39,0	63,0	92,0	106,0	98,0	68,0	35,0	15,0	510,0
260	17,0	26,0	42,0	66,0	91,0	84,0	48,0	12,0	5,0	355,0
300	13,0	20,0	32,0	53,0	76,0	70,0	39,0	-	-	311,0
330	9,0	13,0	21,0	39,0	61,0	42,0	29,0	-	-	220,0

З табл. 2.3 видно, що річний шар випаровування змінюється від 776,7 мм для прісної води до 220,0 мм – при солоності на рівні 330 ‰. З цієї таблиці також можна побачити, що внутрішньорічний розподіл випаровування при різній солоності води Куяльницького лиману (табл. 2.3) є синхронним з внутрішньорічним розподілом випаровування з прісних водойм Північно-Західного Причорномор'я (за даними м/ст. Болград).

## 2.3 Характеристика гідрологічного режиму та солоності води лиману

Стаціонарні водомірні спостереження в акваторії Куяльницького лиману розпочаті ще у 1860 р. і продовжуються до тепер. Всі водомірні пости були розташовані в південній частині лиману. До 1932 р. спостереження проводилися по футштоку соляних промислів, а з 1933 р. – по водомірній рейці на водомірному посту в північній частині лиману (сан. Куяльник).

### 2.3.1 Режим рівнів води в лимані

Зміна рівня води в лимані відбувається при зміні об'єму водної маси та при порушенні горизонтального положення поверхні води. Останнє пов'язано з вітровими згонами та нагонами води. Вітрові денівеляції рівня води на таких лиманах можуть досягати 20-40 см та більше [1,11,12].

У багаторічному ході річних рівнів Куяльницького лиману можна відзначити циклічність, що полягає в чергуванні підйомів і спадів рівня відносно середньорічного його значення. Найбільший інтерес представляють зміни рівнів води, пов'язані зі змінами об'єму води в лимані. Якщо прихідна частина води (опади, приплив поверхневих вод та інш.) переважає над витратною (випаровування та інш.), відбувається підвищення рівня води в лимані, при зворотному співвідношенні – рівень води знижується.

Найбільш високі рівні спостерігаються навесні за рахунок припливу поверхневих вод. Потім вони плавно знижуються протягом літа та восени, а в жовтні-листопаді спостерігається їх мінімум. Збільшення рівня води з грудня по квітень пов'язано зі зменшенням випаровування в зимово-весняний період, а також наявністю припливу р. В. Куяльник та інших водотоків. Упродовж періоду з травня по жовтень – відбувається зменшення об'ємів води, накопичених узимку та навесні. Особливо інтенсивне зменшення відзначається в червні-липні через значне випаровування, невеликі опади та майже відсутній приплив поверхневих вод.

У табл. 2.4 та на рис. 2.1 наведені дані багаторічного коливання рівня води Куяльницького лиману ( $H$ , см) за період з 1860 по 2008 рр.

Таблиця 2.4 – Середньорічні рівні води Куяльницького лиману ( $H$ , см, над «0» графіка поста) за період з 1860 по 2008 рр.

Рік	Рівень води, см	Рік	Рівень води, см	Рік	Рівень води, см	Рік	Рівень води, см	Рік	Рівень води, см
1860	-14	1890	240	1920	20	1950	370	1980	216
1861	46	1891	185	1921	60	1951	317	1981	245
1862	61	1892	200	1922	80	1952	281	1982	260
1863	41	1893	160	1923	85	1953	274	1983	224
1864	-19	1894	115	1924	75	1954	227	1984	203
1865	-24	1895	95	1925	60	1955	214	1985	230
1866	-54	1896	65	1926	65	1956	197	1986	225
1867	-64	1897	90	1927	85	1957	158	1987	204
1868	-74	1898	50	1928	100	1958	132	1988	194
1869	-69	1899	45	1929	115	1959	105	1989	186
1870	-29	1900	30	1930	105	1960	84	1990	188
1871	80	1901	35	1931	236	1961	82	1991	189
1872	51	1902	15	1932	346	1962	55	1992	131
1873	1	1903	15	1933	316	1963	199	1993	80
1874	-44	1904	1	1934	344	1964	203	1994	54
1875	-64	1905	-25	1935	369	1965	174	1995	56
1876	45	1906	35	1936	322	1966	176	1996	40
1877	170	1907	10	1937	309	1967	200	1997	65
1878	165	1908	60	1938	269	1968	186	1998	59
1879	160	1909	245	1939	220	1969	289	1999	96
1880	155	1910	190	1940	320	1970	264	2000	113
1881	130	1911	170	1941	-	1971	232	2001	101
1882	155	1912	165	1942	-	1972	211	2002	92
1883	230	1913	130	1943	-	1973	177	2003	170
1884	175	1914	170	1944	-	1974	140	2004	174
1885	140	1915	155	1945	494	1975	110	2005	160
1886	110	1916	95	1946	437	1976	133	2006	138
1887	175	1917	25	1947	489	1977	162	2007	101
1888	255	1918	80	1948	470	1978	174	2008	78
1889	250	1919	60	1949	418	1979	84	2009	-

З табл. 2.4 та рис. 2.1 видно, що у багаторічному ході рівня води Куяльницького лиману можна виділити такі періоди: 1860-1895 рр. – період, протягом якого рівень лиману підвищився в середньому з мінус 50 до 200 см; 1895-1930 рр. – коливання рівня води біля 100 см; 1930-1945 рр. – значне підвищення рівня до 500 см, пов'язане з проривом дамби та надходженням води з Хаджибейського лиману; 1945-1960 р. – зниження рівня до 100 см; 1960-1990 рр. – коливання рівня біля 180 см; 1990 до 2008 рр. – зниження рівня води до 100 см та нижче до рівня близько 60 см (2009 р.).

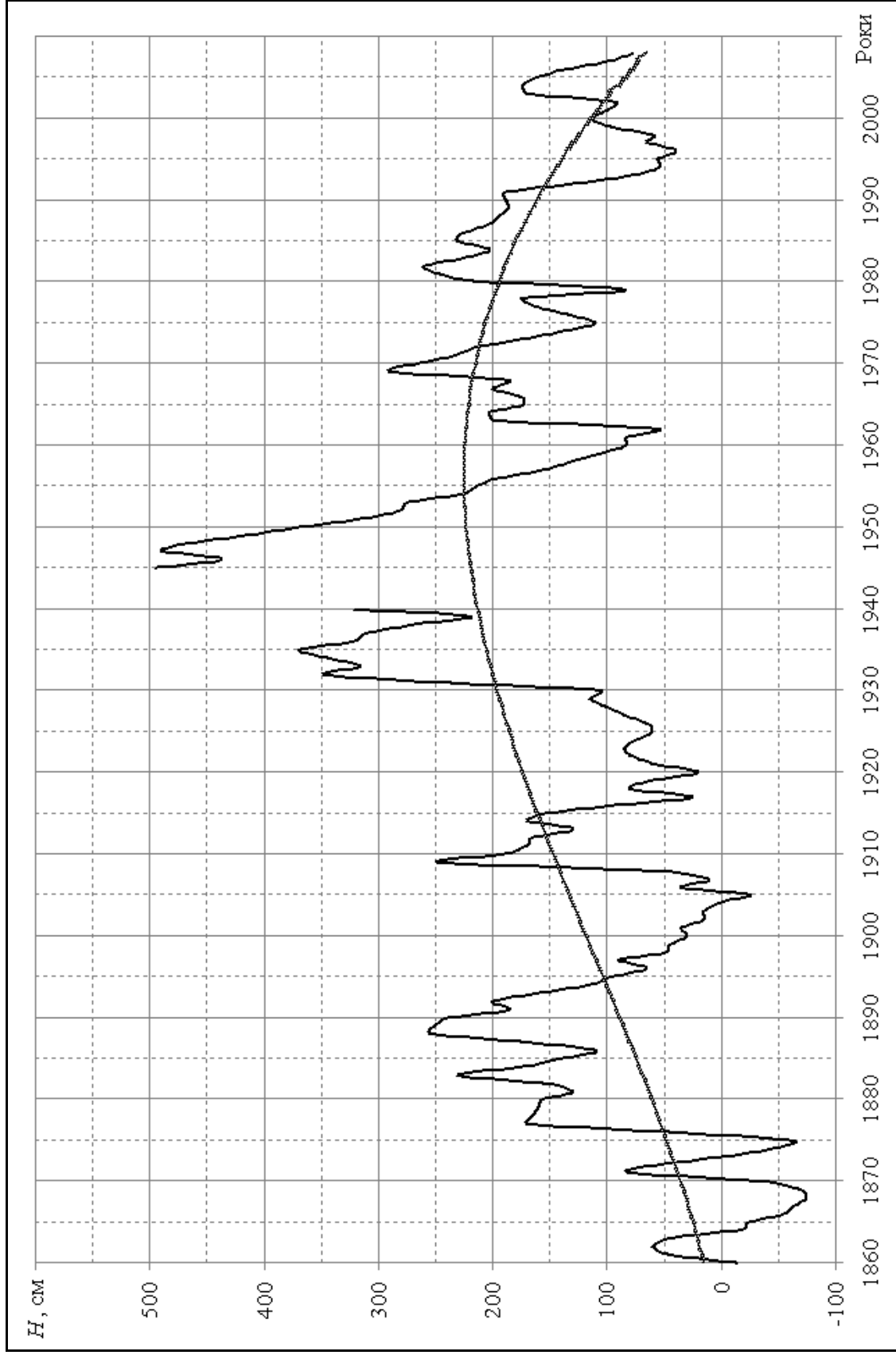


Рисунок 2.1 – Багаторічні коливання середньорічних рівнів води Куяльницького лиману ( $H$ , см) за період з 1860 по 2008 рр.

### 2.3.2 Аналіз циклічності в рядах опадів та рівнів води в лимані

Для аналізу циклічності в рядах опадів і рівнів води Куяльницького лиману були побудовані різницеві інтегральні криві  $\Sigma(k_i-1) = f(T)$  за даними по м/ст. Одеса – ГМО та в/п Одеса – лим. Куяльницький за весь період спостережень (рис. 2.2 і 2.3).

На рис. 2.2 можна виділити декілька періодів, а саме: 1860-1930 рр. – загалом відбувалося зниження рівня води; 1930-1990 рр. – мало місце підвищення рівня води; 1990 по 2000 рр. та далі – зниження рівня води. На жаль, відсутні дані про рівні води лим. Куяльницького у період з 1941 по 1944 рр., тому ряд не є безперервним. З літературних джерел відомо, що у воєнні роки Куяльницький лиман з'єднувався з Хаджибейським, за рахунок чого у водоймі підтримувались високі рівні води. В зв'язку з тим, що лиман є практично безстічною водоймою, це порушило часовий ряд природних значень рівня води ще на декілька років. У ході різницевої інтегральної кривої опадів по м/ст. Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр. (рис. 2.3) спостерігається така особливість: з початку спостережень і до 1949 р. (з перервами) відбувалося маловоддя, а з 1950 р. і до тепер – спостерігається багатоводний період.

Однак, оскільки в ряду опадів були відсутні деякі дані, через що крива переривається, тому були побудовані різницеві інтегральні криві опадів по м/ст. Одеса – ГМО та рівнів води в Куяльницькому лимані за сумісний безперервний період з 1945 по 2000 рр. (рис. 2.4). Як видно з рис. 2.4, подібність у часовому ході між опадами та рівнями води в лимані більш-менш виражена в інтервалі 1970-1990 рр., коли і опади, і рівні води мало відрізнялись від середніх багаторічних значень. А потім у 1991 р. відбулося різке зменшення рівнів води (на 120 см відносно 1990 р.), при чому опади дорівнювали та навіть перевищували багаторічні величини. Однією з суттєвих причин такого ходу рівнів води є регулювання стоку р. В. Куяльник (починаючи з 1960 р.) значною кількістю ставків і водосховищ, призначених для забезпечення водою зрошувальних систем та рибогосподарських потреб.

За літературними джерелами [1,2,5,6], кількість ставків і водосховищ змінювалася від 145 шт. – у 1961 р, до 36 шт. – 1992 р., з загальним об'ємом (при НППГ) близько 13,0 млн. м<sup>3</sup> і площею водного дзеркала 7,28 км<sup>2</sup> – з 1961 по 1985 рр., та близько 10,0 млн. м<sup>3</sup> і відповідно 3,50 км<sup>2</sup> – у 1985-1992 рр. та по теперішній час. Ці ємності регулювання майже відповідають нормі річного стоку, не кажучи вже про маловодні роки, коли весь стік буде затримуватись у ставках і водосховищах. З урахуванням цього, для періоду з 1960 по 2000 рр. окремо побудовані різницеві інтегральні криві опадів та рівнів води (рис. 2.5).

Як видно з рис. 2.5, опади в цей період коливались незначно відносно середнього значення, у той же час рівні води з 1960 по 1990 рр. – зростали, а з 1990 р., на фоні незначного зменшення опадів та подальшого (з 1997 р.) їх зростання до середнього значення, відбувалося суттєве зменшення рівнів води у лимані (на 120 см), тобто весь поверхневий приплив води було затримано у ставках і водосховищах на басейні лиману.



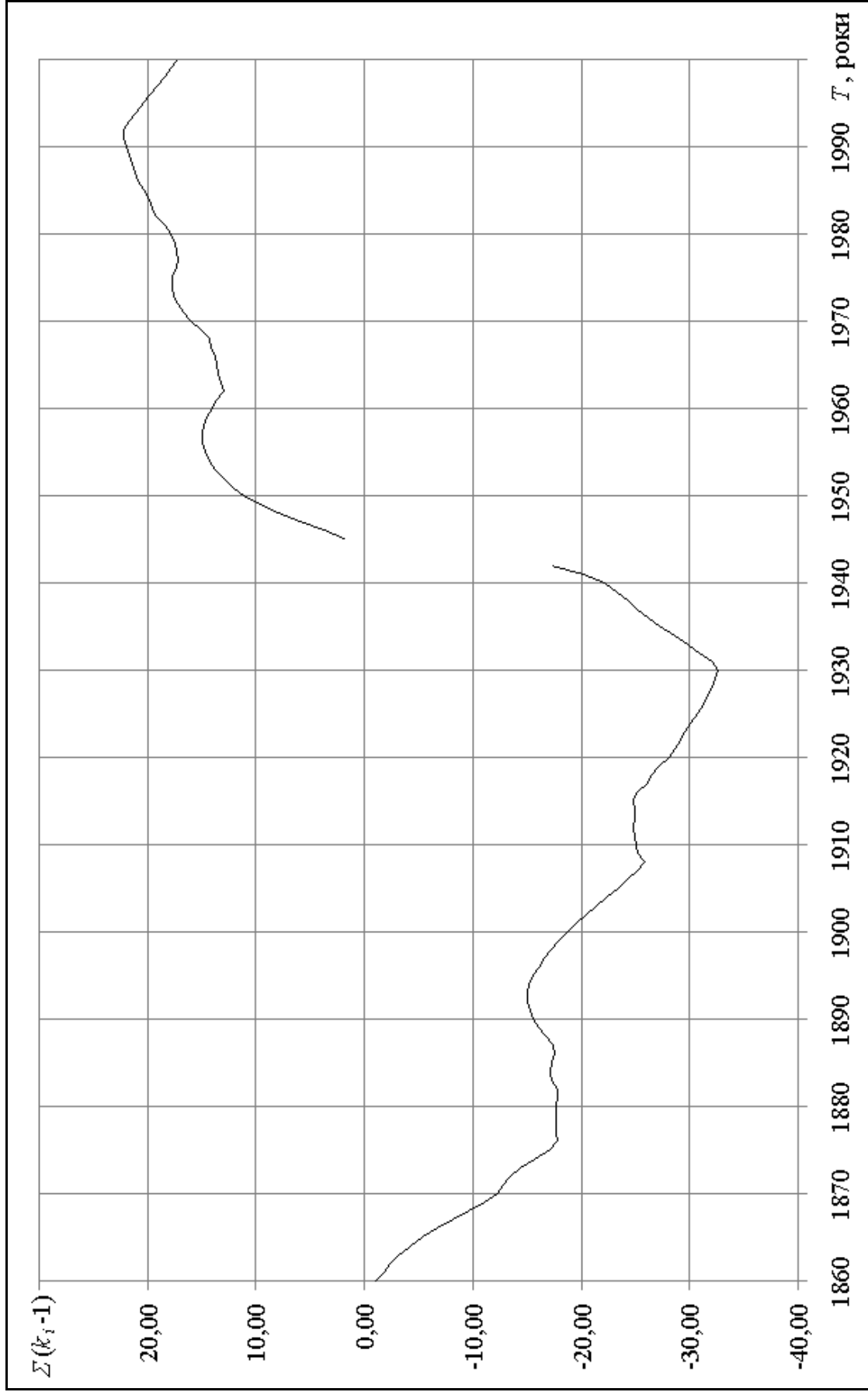


Рисунок 2.2 – Різниця інтегральна крива рівнів води Куяльницького лиману

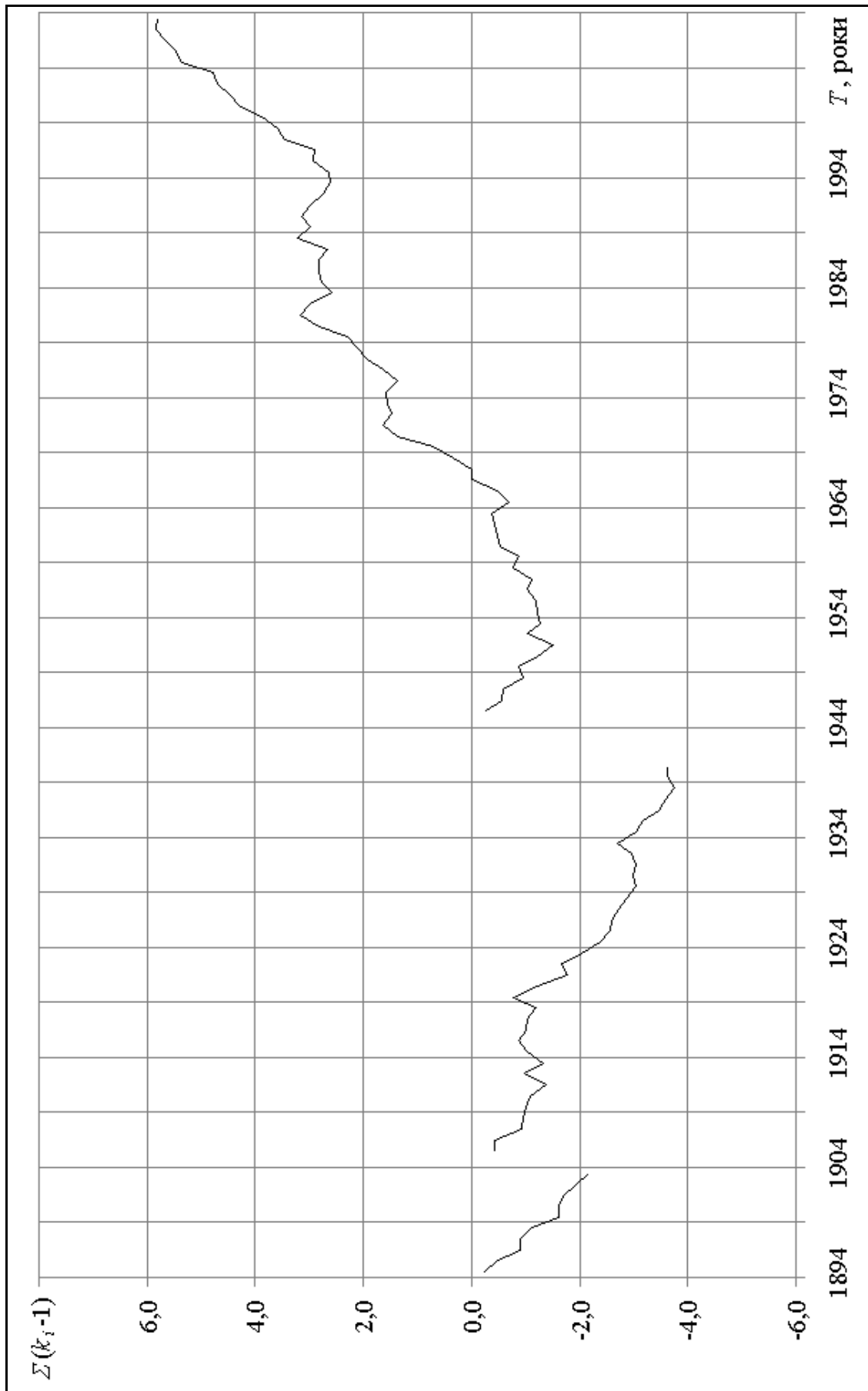


Рисунок 2.3 – Різниця інтегральна крива опадів по м/ст. Одеса – ГМО

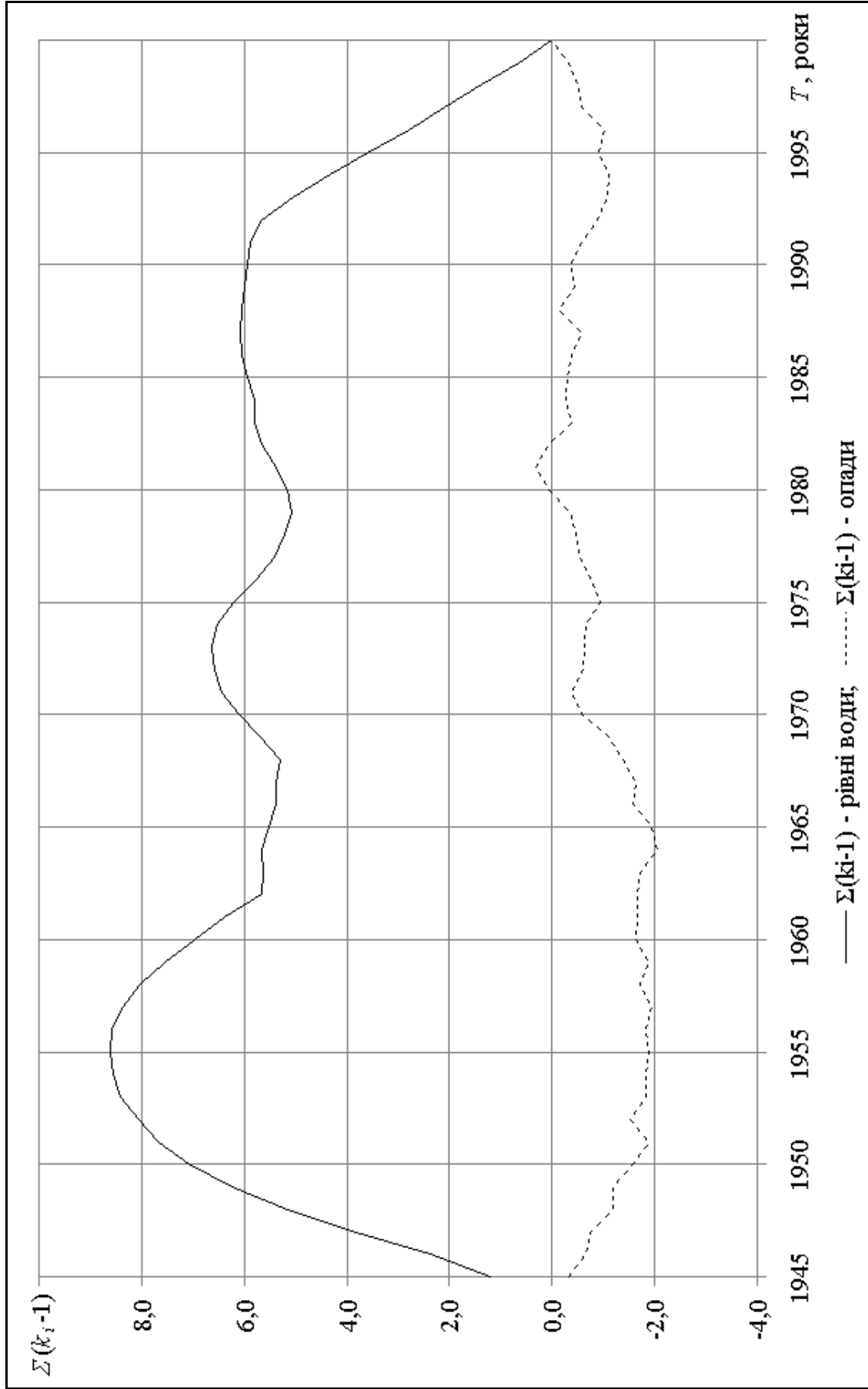


Рисунок 2.4 – Різницеви інтегральні криві опадів та рівнів води Куяльницького лиману (1945-2000 рр.)

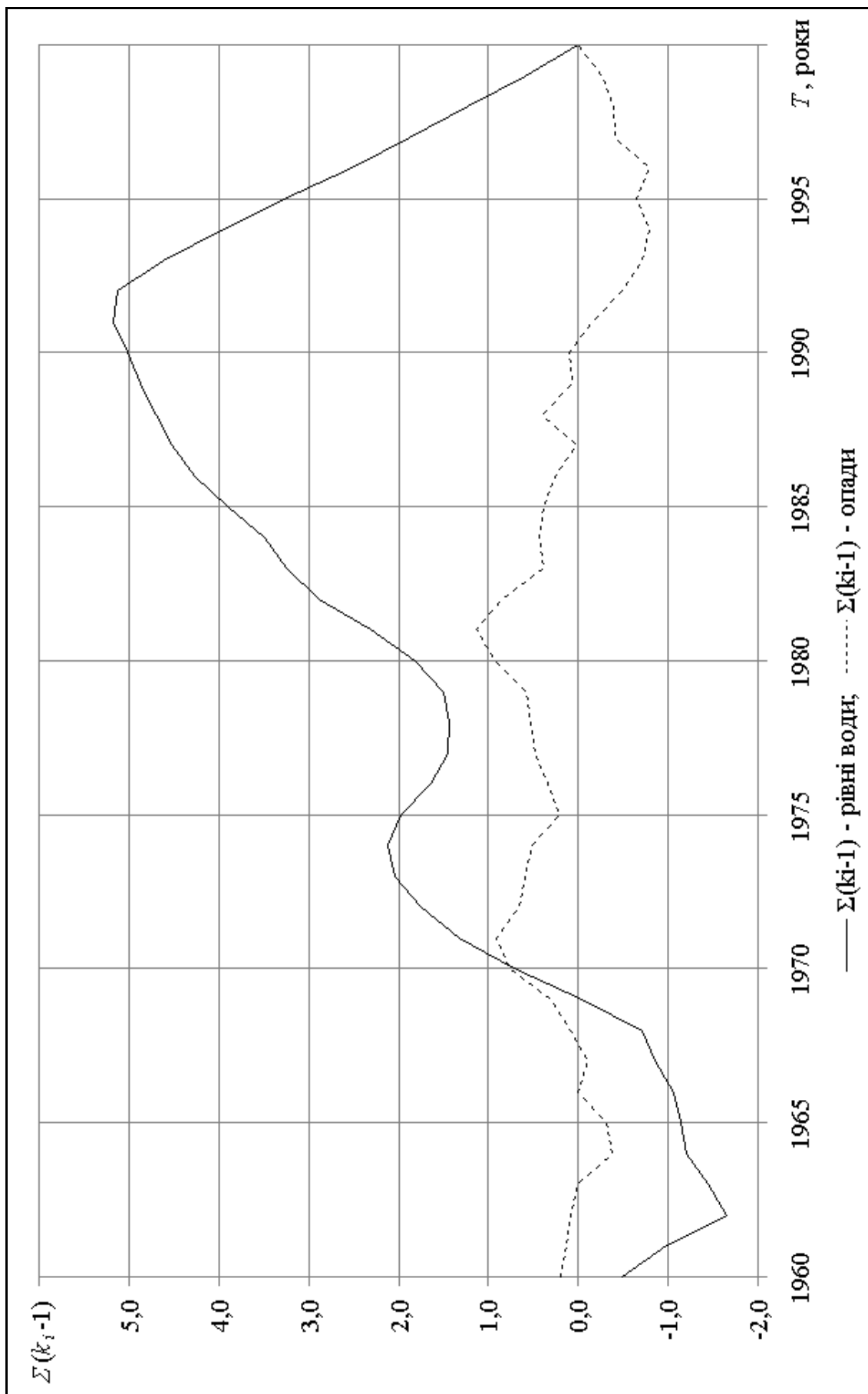


Рисунок 2.5 – Різницеві інтегральні криві опадів та рівнів води Куяльницького лиману (1960-2000 рр.)

### 2.3.3 Підземне водне живлення лиману

У 1975 р. УкрНДІКурортології виконав детальну розвідку та підрахунок запасів грязей і мулу Куяльницького лиману, а також за даними буріння і визначення дебіту колодязів і джерел була складена гідрогеологічна карта першого від поверхні водоносного горизонту для території басейну лиману.

У 1984-88 рр. Причорноморською пошуково-знімальною експедицією виконана гідрогеологічна та інженерна геологічна зйомка масштабу 1:50 000 для цілей меліорації. Зйомкою охоплена територія, що включає північну половину Куяльницького лиману до широти південніше с. Кубанка. В ході зйомки в зоні осушення верхів'їв лиману (в районі с. Руська Слободка) в чаші лиману було пробурені 8 свердловин, завглибшки 5-14 м, а одна свердловина – 25 м. Розкрито намули потужністю до 4 м (у верхньому безводному шарі, вони перетворилися на мулисті суглинки і супіски); нижче намулів залягають алювіальні піски пилюваті та дрібнозернисті, супіски, суглинки, під намулами заплави р. В. Куяльник. Їх сумарна потужність складає 4-7 м. Лиманово-алювіальні породи підстиляють глини верхні сарматських відкладень неогену.

Статичні рівні водоносних горизонтів в товщі верхнього сармату досягають дотичних відміток або близькі до нульових, що свідчить про вертикальну фільтрацію вод верхнього сармату до чаші лиману. Враховуючи залягання чаші лиману на глинах частка такого живлення самої чаші оцінюється як вельми обмежена і знаходиться за межами точності оцінки підземного живлення водної призми лиману.

### 2.3.4 Фільтрація води через пересип

Вперше звернув увагу на роль пересипу в живленні лиману А. Веріго (1898 р.). За його даними, у водах пересипу спостерігається збільшення солоності з глибиною. Поблизу поверхні вони прісні, а на глибині 5 м вже досягають солоності та хімічного складу морської води.

А. Веріго також відзначає процес випаровування всіх ґрунтових вод, що фільтруються через пересип, з її поверхні [1].

У 1973-75 рр. УкрНДІКурортології для вивчення взаємозв'язку між водами лиману та водоносного горизонту в сучасних лиманових і лиманово-морських відкладеннях були пробурені свердловини і організовані режимні спостереження, які показали, що роль фільтрації морської води через пересип досить незначна [1].

У періоди живлення ґрунтових вод значними дощами спостерігається підвищення рівня води в озерах (в деяких випадках на 0,5 м).

### 2.3.5 Температурний режим води лиману

Температурний режим води Куяльницького лиману характеризується різко вираженим сезонним ходом. Середньомісячна температура води лиману в зимовий період може бути негативною (при солоності вище 50 ‰ вода замерзає при температурі нижче мінус 3 °С). У весняні та осінні місяці температура води змінюється в межах від 3 °С до 8-9 °С. У літній період спостерігаються високі температури води – понад 20 °С.

Максимальна місячна температура води спостерігається в липні. Перехід температури весною через 0,2 °С в середньому відбувається 15 березня, а через 10 °С – 19 квітня (весною) та 5 листопада (восени). Найбільша температура води за період спостережень склала 31,7 °С (11.07.1960 р.). Найменша середньомісячна температура – мінус 3,7 °С, спостерігається у грудні.

Особливістю температурного режиму лиману є тісний зв'язок температури води та повітря. Як правило, середньомісячна температура води для весни, літа і осені вище за температуру повітря на 2-3 °С.

В зимовий період температура води нижче за температуру повітря на величину від часток градуса до 1-2 °С.

### 2.3.6 Солоність води та її зв'язок з водним режимом лиману

За солоністю (мінералізацією) води Куяльницький лиман можна поділити на 3 частини: північну, середню та південну [1,13].

Північна частина лиману навесні більш схильна до впливу річкового стоку, тому тут мінералізація нижча, ніж в південній і середній. Причому, цей вплив поширюється й на решту сезонів. У південній частині, де спостерігається дифузія солей з відкладень лиманового мулу, концентрація ропи найбільша. Центральна частина займає проміжне положення. Слід зазначити, що різниця в концентрації ропи між частинами лиману незначна, внаслідок мілководості лиману та сильного перемішування водних мас вітром. Лише восени, коли опріснена вода верхів'я не досягає південної частини лиману, різниця доходила до 10 г/дм<sup>3</sup>, в решту сезонів вона не перевищувала 1 г/дм<sup>3</sup> [1].

Солоність води Куяльницького лиману тісно пов'язана з водним режимом водойми (рис. 2.6) [1,14,15,16]. З урахуванням цього, для визначення розрахунково-прогностичних значень солоності води, побудована емпірична залежність  $S = f(H)$  солоності  $S$  від рівня води  $H$  в лимані (рис. 2.7). Ця залежність є досить надійною, про що свідчить високе значення детермінанта зв'язку  $R^2 = 0,96$ , та апроксимується степеневим рівнянням вигляду:

$$S = 161 \cdot H^{-1,12}, \quad (2.1)$$

де  $S$  – мінералізація (солоність) води, ‰;

$H$  – рівень води над «0» графіка водомірного поста, м.

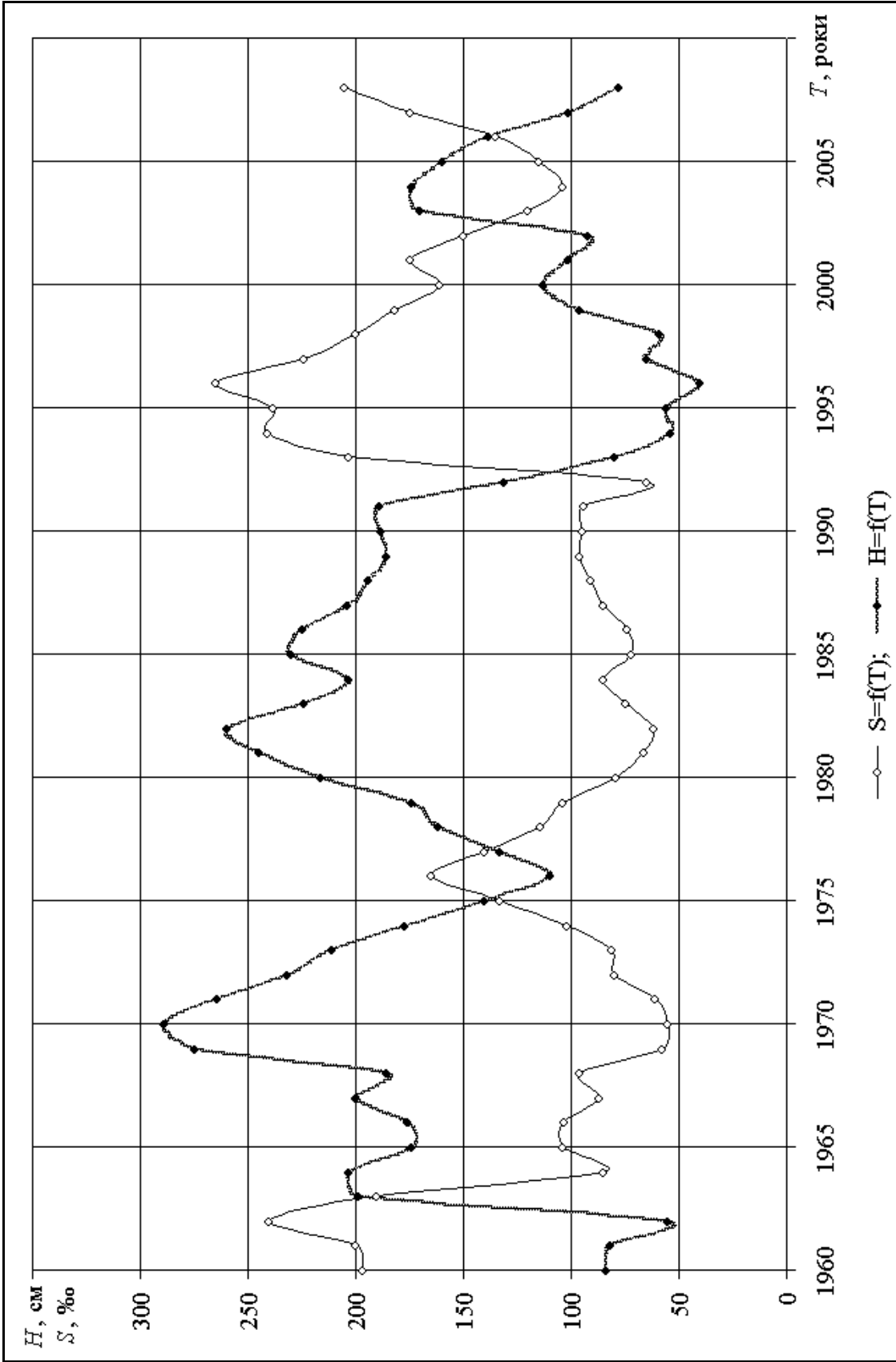


Рисунок 2.6 – Багаторічний хід середньорічних значень солоності та рівня води Куяльницького лиману (за період з 1960 по 2008 рр.)

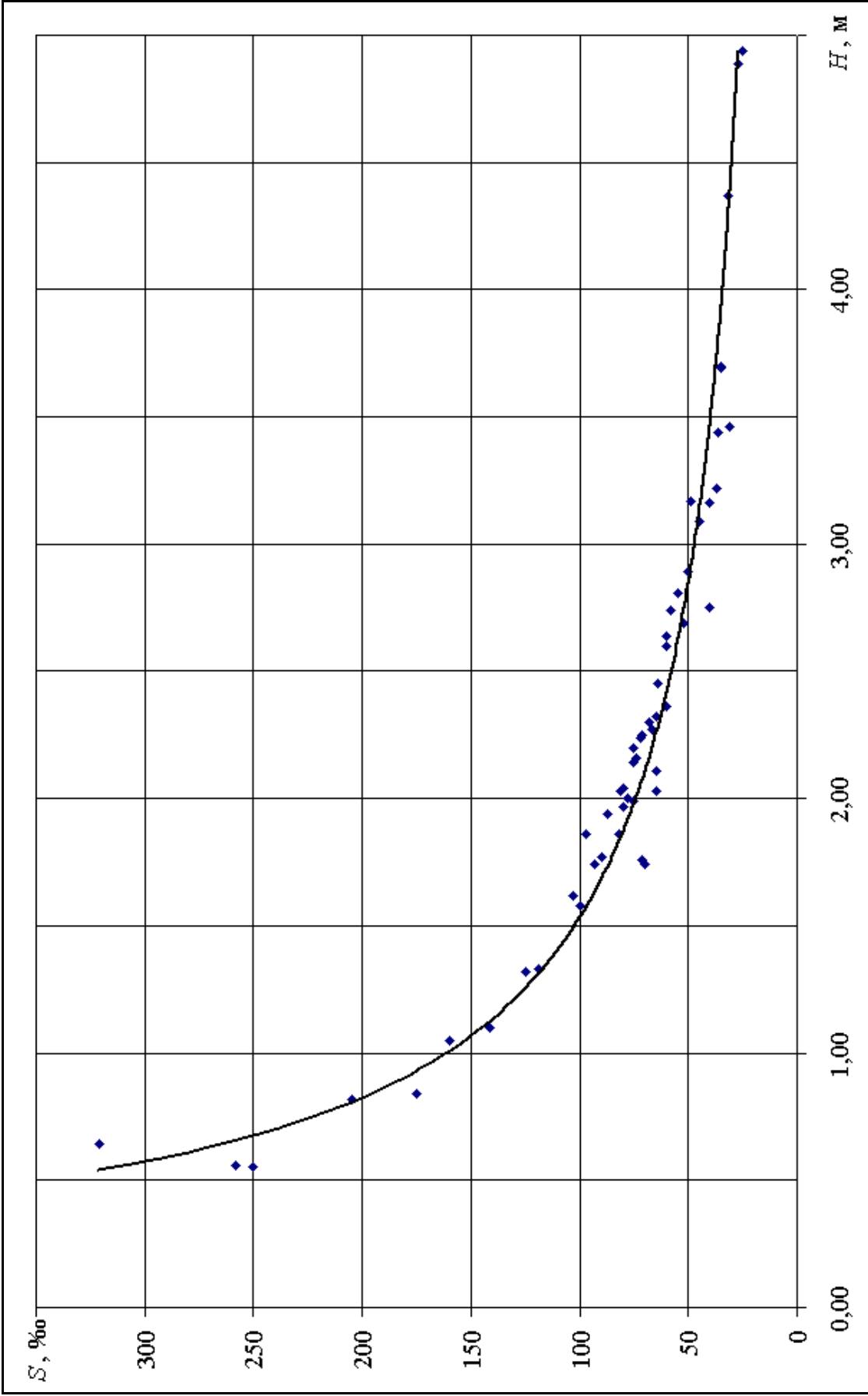


Рисунок 2.7 – Залежність  $S = f(H)$  солоності від рівня води в Куюльницькому лимані



Така залежність дозволяє отримати фоновий прогноз солоності води лиману по рівню води на водпосту та істотно обмежує масштаб солеобмінних розрахунків, які для лиманів закритого типу малодоступні дослідженню через велике число невідомих компонент, що беруть участь у формуванні їх сольового режиму [1].

При об'ємі поверхневого припливу до лиману 0,1-5 % забезпеченості мінералізація води досягає мінімуму, при більших забезпеченостях – мінералізація починає збільшуватися. Вода лиману перетворюється на ропу при об'ємах поверхневого припливу 75-95 % забезпеченості. Це призводить до відкладення потужних шарів самосадової солі та викликає порушення сольового складу вод Куяльницького лиману. З'ясовано, що нижня, сприятлива для бальнеологічних цілей, межа солоності 50 ‰ встановлюється при рівні води в лимані 35-40 % забезпеченості – від мінус 4,00 до мінус 5,00 м БС.

## 2.4 Морфолого-морфометрична характеристика лиману

Морфолого-морфометрична характеристика Куяльницького лиману наведена за літературними матеріалами [1,11,12,14,15,17] та результатами батиметричної зйомки водойми в липні-серпні 2009 р. (розділ 3 і [16]).

### 2.4.1 Загальна морфолого-морфометрична характеристика

Глибока долина р. В. Куяльник, нині зайнята лиманом, має високі круті схили. Особливо високий правий схил лиману, висота його в районі Куяльницького курорту досягає 40 м. Лівий – менш високий, також досить крутий, місцями майже прямовисно обривається до лиману.

Правий схил лиману має декілька незначних балок в північній частині, а лівий – по всій довжині схилу. Найбільші з них: Кубанка (20 км) та Долдока (14 км). Всього на обох схилах лиману налічується 11 балок. Морфометричні характеристики лиману змінювалися останні 115 років наступним чином. Так довжина водойми в 1895 р. складала 29 км, 1946 р. – 32 км, в 1975 р. – скоротилася до 25 км, в жовтні 1995 р. вона складала лише 17 км [1], в 2003 р. – збільшилася до 27,5 км, а у 2009 р. – знову зменшилася до 20,7 км – у липні-серпні [16], та 18,3 км – у вересні [15].

Ширина лиману поступово збільшується з півночі на південь від 0,6-2 км (у верхів'ях) до максимальних значень – 3,0-3,6 км (в районі с. Красносілка).

Багаторічна амплітуда коливань рівня води складала 6,50 м. Найбільші глибини лиману спостерігалися при відмітці рівня води мінус 1,00 м БС і досягали 6,50-7,00 м [1]. В 2009 р. найбільша глибина в лимані відмічена в районі гирла р. Кубанка, яка у липні-серпні при відмітці рівня мінус 6,42 м БС становила 1,80 м, а у вересні – 1,2 м [15,16]. Середня глибина лиману в 2009 р. при відмітці мінус 6,42 м БС становила 0,50 м [16].

Площа водного дзеркала Куяльницького лиману може змінюватися в залежності від наповнення водойми від 19 до 74 км<sup>2</sup>, а об'єм води може досягати 370 млн. м<sup>3</sup> [11,17]. За даними 2009 р., ці величини суттєво менші – площа водного дзеркала становила 37,6 км<sup>2</sup>, а об'єм води – лише 18,8 млн. м<sup>3</sup>, що майже в 20 разів менше за максимальне значення [16].

#### 2.4.2 Штучні зміни морфології лиману

Основною штучною зміною в морфології Куяльницького лиману є Корсунцівська дамба, яка порушила природний рельєф дна водойми [1]. Ця дамба була побудована в 1860 р. за проектом гірського інженера Рожкова з метою відокремити південну частину лиману в солесадкове озеро. Дві балки (Гільдендорфська та Корсунцівська) були загачені, щоб припинити приплив прісних вод в цю частину лиману. Дамба складалася з глини з кам'яними стінками та мала довжину 2933 м. Для сполучення обох частин лиману передбачався водовипуск. Під час будівництва дамба давала постійне осідання, тому роботи були припинені до весни 1861 р. На початок березня 1861 р. в результаті дружного та швидкого танення снігу вода в лимані піднялася і затопила дамбу. Гребінь дамби був розмитий. До 1864 р. обидві частини лиману вільно з'єднувалися. У 1864 р. роботу по будівництву дамби було завершено, проте південна частина лиману солесадковою не стала. У 1871 р. дамба була розмита знову, це повторилося і в 1876 р., тому у 1878 р. було вирішено дамбу більше не відновлювати, а обидві частини лиману з тих пір знову утворили єдину водойму.

#### 2.4.3 Замулення лиману наносами

Виводи про те, що чаша Куяльницького лиману піддається замулюванню наносами, що надходять з водозбірного басейну, були отримані ще в 1899 р. А.С. Васильєвим [1]. В результаті зіставлення своєї карти і промірів глибини південної частини лиману, виконаних в 1891 р., він встановив, що замулювання дна в середньому для лиману дорівнює 0,0058 м на рік, а різні частини лиману замулюються з різною інтенсивністю. На підставі цього він розрахував, що південна частина лиману буде замулена до рівня води 1895 р. (мінус 5,7 м БС) приблизно через 110-190 років. Як ми можемо вже зараз переконається, це прогноз не виправдовується, що свідчить про завищені величини інтенсивності замулювання, отримані А.С. Васильєвим. З цього приводу він доходить висновку, що не засмічення є причиною обміління лиману, а маловодний цикл в житті лиману [1].

Згідно розрахунків з 1895 по 1975 рр., об'єм лиману в результаті замулювання зменшився на 23,4 млн. м<sup>3</sup>. Проте, як видно із зіставлення

гіпсометричних карт 1895 і 1975 рр., об'єм відкладень розподіляється нерівномірно за площею лиману.

У північній частині лиману найбільш інтенсивна акумуляція відкладень відбулася на мілководній ділянці (в гирлі р. В. Куяльник), завдяки чому берегова лінія, яка проходить і в 1895, і в 1975 рр. по відмітці мінус 5,7 м БС, перемістилася на південь на 4,5 км.

У південній частині лиману, навпаки, максимальне накопичення відкладень відбулося на ділянках дна з найбільшими глибинами, що призвело до вирівнювання дна лиману, показаного на карті А.С. Васильєва ізолінією з відміткою мінус 8,0 м БС.

Результати натурних експедиційних досліджень Куяльницького лиману в липні-серпні 2009 р. дозволили виконати розрахунки та одержати висновки про замулення чаші водойми та внутрішній перерозподіл донних відкладів у сучасний період, які наведені нижче.

По-перше, влітку 1995 р. середня глибина лиману при відмітці мінус 6,50 м БС була 0,60 м [1], а влітку 2009 р. при більш вищій відмітці – мінус 6,42 м БС середня глибина вже становила 0,50 м [16], що свідчить про зменшення об'єму лиману за рахунок замулення дна водойми.

По-друге, висновок про те, що чаша лиману замулюється, можна отримати на підставі зіставлення кривих площ водної поверхні та об'ємів води водойми, побудованих за результатами батиметричних зйомок лиману в 1975 р. [1] та в 2009 р. (наведені у розділі 3). На них видно, що за рахунок замулення та внутрішнього перерозподілу донних відкладів відбувається постійне зменшення об'єму лиману в області мінімальних рівнів води.

По-третє, висновок про замулення лиману також підтверджує підвищення солоності ропи водойми при майже однакових рівнях води за останні 50 років. Так, у 1962 р. рівню води мінус 6,50 м БС відповідала солоність 250 ‰, при тому ж рівні в 1995 р. – вже була 272 ‰ [1], а в 2009 р. при рівні води мінус 6,42 м БС – підвищилася аж до 390 ‰ [16].

Таким чином, за період з 1975 р. по 2009 р. об'єм Куяльницького лиману за рахунок замулення та внутрішнього перерозподілу донних відкладів в області мінімальних рівнів води (менше мінус 6,50 м БС) зменшився на 13,0 млн. м<sup>3</sup> (табл. 2.5), а середня інтенсивність замулення лиману за останні три десятиріччя становить 0,38 млн. м<sup>3</sup> на рік.

Таблиця 2.5 – Зміна об'єму Куяльницького лиману

Рівень води, м БС	Об'єм води в лимані, млн. м <sup>3</sup>		Зміна об'єму лиману за період з 1975 по 2009 рр.
	Роки батиметричних зйомок		
	1975	2009	
-6,50	29,0	16,0	13,0
-7,00	10,1	4,00	6,10
-7,50	0,90	0,06	0,84

## 2.5 Бальнеологічні ресурси та господарське освоєння лиману

В умовах ізоляції Куяльницького лиману від моря в його водних масах відбуваються процеси, що призвели до утворення шару грязьових відкладень.

Грязі та ропа Куяльницького лиману за сполученням солей мають унікальні лікувальні властивості та відповідають стандартам лікувальних грязей [1,13,16]. Тому бальнеологічні ресурси цього лиману вважаються одними з найцінніших в Україні та світі.

### 2.5.1 Ресурси лікувальних грязей

Сучасні донні відкладення Куяльницького лиману представлені мулами, пісками та глинами лиманно-морських і лиманних осадів. Вони неоднорідні та складаються з мулу чорного маслянистого, мулу темно-сірого ущільненого та мулу від зеленувато-сірого до сірого щільного. Перші дві різновидності мулу відносяться до лікувальних.

Максимальна потужність лікувальних мулів відзначається в районі с. Красносілка та на ділянці колишніх соляних промислів. Зеленувато-сірі мули зустрічаються в північній частині лиману, в гирлі р. В. Куяльник і у лівого берега – біля с. Ковалівка, потужністю близько 10-15 м. Чорний мул – це молода грязь, темно-сірий – стара грязь, зеленувато-сірий – це мул, який колись був гряззю, але втратив здатність до біохімічних процесів. Сульфід заліза додає мулу темне фарбування. При збереженні необхідного гідрохімічного режиму водойми утворення грязі не припиняється.

Для лікувальних куяльницьких грязей існують спеціальні технічні вимоги: питома вага 1,3-1,5 г/см<sup>3</sup>; вміст механічних домішок з діаметром частинок більше 0,25 мм – не більш 2 %; вміст сірководню – не менш 1 %; титр кишкової палички – не менш 10.

Станом на 1975 р. геологічні запаси лікувальних грязей склали: чорного мулу – 15030 тис. м<sup>3</sup> або 21500 тис. тон (при середній питомій вазі чорного мулу 1,43 г/см<sup>3</sup>); чорного та темно-сірого мулу – 23850 тис. м<sup>3</sup> або 34500 тис. тон. Експлуатаційні запаси чорного мулу становили 11570 тис. м<sup>3</sup> або 16550 тис. тон. Сумарні експлуатаційні запаси (за винятком площ санітарно-бактеріологічного забруднення) чорного та темно-сірого мулу склали 19680 тис. м<sup>3</sup> або 28500 тис. тон, а з урахуванням коефіцієнта експлуатації балансові запаси становили 15300 тис. м<sup>3</sup> або 22200 тис. тон.

Потреба в лікувальних грязей складає орієнтовно до 35 тис. тон на рік. Запаси тільки в південній частині лиману (2380 тис. тон) здатні забезпечити лікувальними грязями Одеський курортний район приблизно на 70 років; запаси ж грязей усього лиману, в умовах природного гідрологічного режиму, за рахунок постійного утворення молодого мулу, практично невичерпні.

## 2.5.2 Господарське освоєння бальнеологічних ресурсів лиману

Основним напрямком господарського освоєння бальнеологічних ресурсів лиману є використання його грязей для лікування.

Бальнеологічне значення грязі та ропи Куяльницького лиману було відоме ще на початку XIX ст., а використання грязі для лікування починається з 1833 р. в спеціальній грязьовій лікарні. До цього лікування грязями було без особливих пристроїв – безпосередньо на березі лиману.

У 1841 р. були побудовані більш упоряджені купальні, кам'яний будинок з ваннами та декількома житловими кімнатами. До 1853 р. Куяльницький курорт нараховував вже 20 житлових будинків. Приблизно з цього часу до 1868 р. курорт поступово став занепадати та практично перестав існувати як лікувальний заклад. Тільки в 1868 р. міська дума м. Одеси прийняла рішення про поновлення курорту. З 1873 р., після відкриття залізничного руху сполученням м. Одеса – сан. Куяльник, почалася інтенсивна забудова курорту. У цей же період на березі лиману були побудовані дерев'яні бараки для малозабезпеченого населення. У 1890 р. міською думою м. Одеси було прийняте рішення про розширення та реконструкцію курорту, а через два роки вже була побудована нова грязьова лікарня. У 1898 р. до курорту був підведений міський водопровід.

До 1941 р. Куяльницький курорт був перетворений у зразкову здравницю. Працювали дев'ять санаторіїв, готель і грязьова лікарня. Значно був розширений курортний парк. Усі санаторії були обладнані каналізацією. Стічні води за допомогою системи перекачувальних станцій подавалися на спеціально організовані південніше лиману поля зрошення.

Після повені 1932 р., яка носила для курорту катастрофічний характер, була побудована дамба, що захистила нижню частину курорту від повеней, а замість зруйнованої залізниці до курорту була прокладена трамвайна лінія.

В післявоєнні роки курорт був швидко відновлений і розширений за рахунок будівництва нових корпусів. Вже в 50-60 рр. Куяльницький курорт був одним з найкращих грязьових курортів СРСР.

В сучасний період в результаті сильного обміління лиману, збільшення солоності ропи, загального погіршення екологічного стану водойми та фінансових труднощів в країні ефективність роботи курортного комплексу значно знизилася.

### 3 ЕКСПЕДИЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ

Експедиційні дослідження Куяльницького лиману були здійснені у липні-серпні 2009 р. Метою цих натурних вимірювань було вивчення сучасного рельєфу дна лиману для побудови плану в ізобатах батиметричної зйомки, кривих об'ємів і площ водної поверхні лиману. В процесі виконання експедиційних досліджень також було виконано аналіз фізико-хімічних властивостей води лиману, а саме: солоності, розчиненого кисню, кольоровості, прозорості, запаху, температури води, рН.

#### 3.1 Підготовка та виконання батиметричної зйомки

Перед початком гідрологічних та гідрохімічних робіт на Куяльницькому лимані було виконано аналіз картографічних матеріалів і супутникових знімків для складання схеми виконання вимірювальних робіт і здійснено рекогносцировку (попередній огляд і обстеження місцевості та водного об'єкту) берегової місцевості поблизу лиману для визначення місць спуску до урізів води, місцеположення населених пунктів, причалів та інше для визначення гідрометричних створів та пунктів спостереження за хімічним складом води.

##### 3.1.1 Аналіз картографічних матеріалів і супутникових знімків

Перед початком вимірювальних робіт було виконано аналіз картографічного матеріалу на основі карти з масштабом 1:100000 (рис. 3.1), а також сучасних супутникових знімків Куяльницького лиману та прилеглої місцевості для складання схеми виконання вимірювальних робіт (рис. 3.2). Схема батиметричної зйомки запланована по косих галсах, що дозволяє достатньою мірою відобразити характер рельєфу дна водойми з необхідною точністю, при координації промірних робіт радіонавігаційними засобами.

##### 3.1.2 Прилади та їхні технічні характеристики

Для виконання батиметричної зйомки були перевірені та підготовлені такі геодезичні та гідрометричні прилади: нівелір, ехолоти, GPS-навігатори.

Перевірка нівеліру. Для нівеліру повинна виконуватися наступна головна умова: вісь візирної лінії повинна бути горизонтальною. Для нівелірів типу НС-4 ця умова визначається, як: вісь циліндричного рівня повинна бути паралельна візирній осі зорової труби. Для перевірки цієї умови користуються прийомом, який викладено нижче за текстом.



Рисунок 3.1 – Карта Куяльницького лиману (М 1:100000)  
(білі точки – гідрохімічні станції)

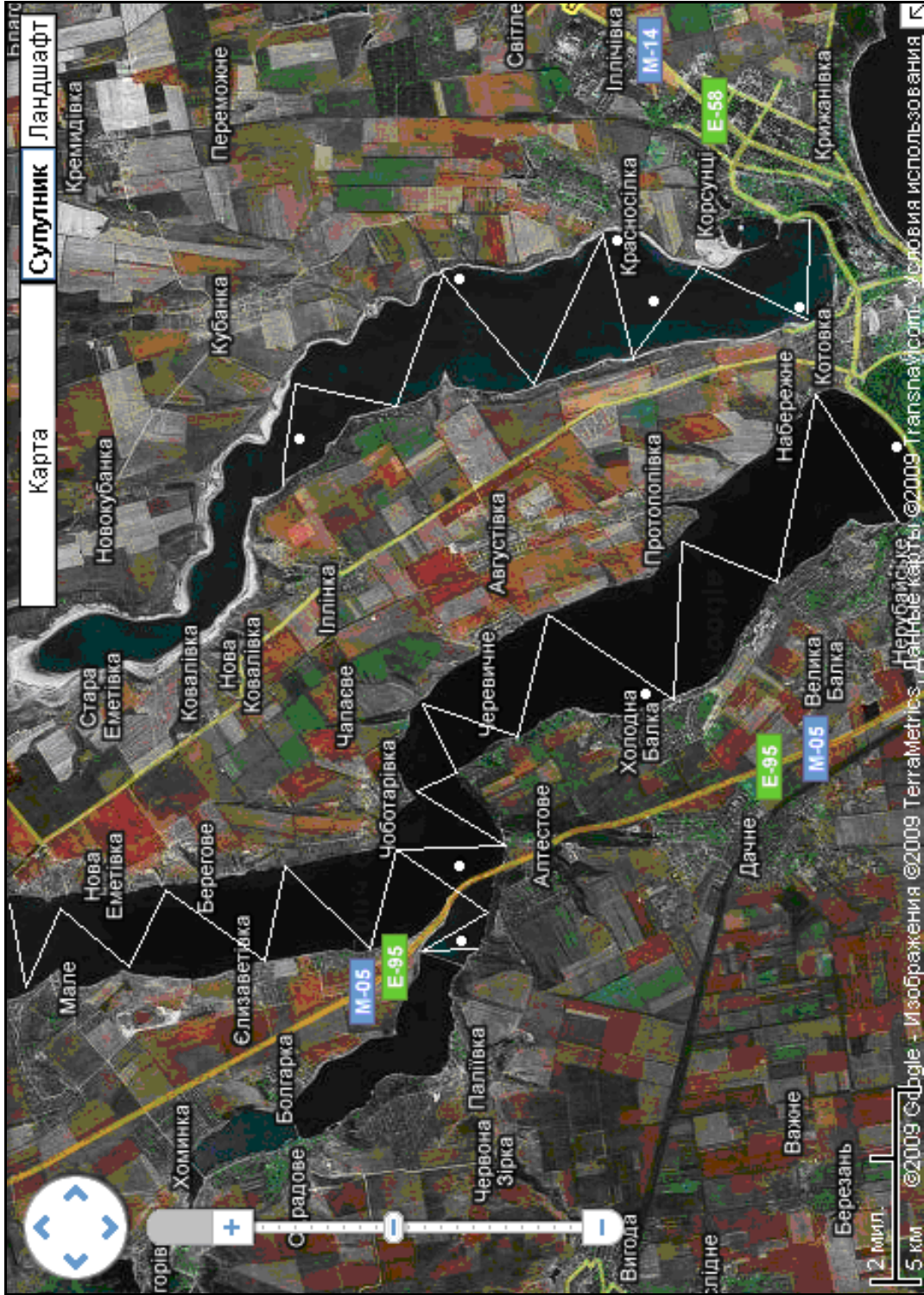


Рисунок 3.2 – Супутниковий знімок Куяльницького лиману (білі лінії – орієнтовні промірні галси; білі точки – гідрохімічні станції)



На відстані порядку 65-75 м в точках  $A$  і  $B$  забивають кілочки з цвяхами, що мають капелюшки зі сферичною поверхнею. Далі поруч з точкою  $A$  встановлюють нівелір так, щоб окуляр зорової труби відстояв від рейки не більше ніж на 3-5 см. Вимірюють висоту нівеліра  $i_A$  за чорною стороною рейки. Потім беруть відлік  $b$  по рейці, встановленій в точці  $B$ . Після цього прилад встановлюють поруч з точкою  $B$ . Не змінюючи фокус зорової труби роблять відлік  $a$  по рейці, встановленій в точці  $A$ , та вимірюють висоту приладу  $i_B$ . Далі знаходять похибку визначення відліку по рейці за рахунок негоризонтальності візирного променя:

$$x = \frac{i_A + i_B}{2} - \frac{a + b}{2}. \quad (3.1)$$

Величина  $x$  не повинна перевищувати 4 мм. У випадку перевищення цієї величини похибку виправляють. Для цього за допомогою елеваційного гвинта наводять середню нитку нівеліра на правильний відлік, що дорівнює:

$$a_0 = a + x. \quad (3.2)$$

При цьому зображення кінці циліндричного рівня розійдуться. Виправними гвинтами рівня сполучають зображення кінців пухирця рівня. Після цього перевірку повторюють. Перевірка виконується поки  $x$  не буде менше 4 мм.

Для нівеліру НС-4 (s/n 2623), що використовувався в роботі, похибка  $x$  дорівнювала 0 мм, тобто він був повністю підготовлений.

Підготовка ехолоту. При промірних роботах використовувався електронний ехолот Fishfinder-250, фірми Garmin (s/n 50508248). Цей електронний ехолот є сонаром нового покоління, завдяки своїм малим габаритам та інтеграції з комп'ютером та GPS-навігаторами по СОМ-порту.

Випромінювач ехолоту було закріплено на транці промірного човна в 40 см від гвинта (поза зоною підвищеної турбулентності).

Підготовка GPS-навігатора. Для координування промірів глибин (визначення координат промірних вертикалей) було використано сучасний GPS-навігатор фірми Garmin, а саме: GPS-72, Int'I (s/n 13400382). При цьому точність планової прив'язки (визначення місця положення промірної вертикалі) при використанні такого GPS-навігатора завжди складає до 1-4 м (в залежності від кількості прив'язок до супутників).

### 3.1.3 Методика вимірювальних робіт на водоймі

Батиметрична зйомка (проміри глибин) – це вид гідрологічних вимірів, який дозволяє отримати інформацію про відстань від поверхні води до дна, тобто глибину даної водойми.

При виконанні промірів глибин 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 та тимчасовому водомірних постах);
- 4) вимірюються глибини на промірних вертикалях у створі;
- 5) одночасно визначається характер ґрунту дна водойми.

Проміри глибин виконуються дискретним методом (глибини вимірюються в окремих точках) акустичним способом (ехолокацією).

### 3.1.4 Висотна прив'язка до пунктів державної геодезичної мережі

Висотне обґрунтування необхідне для проведення робіт у єдиній Державній системі висот (Балтійська система). При роботі на Куяльницькому лимані висотна прив'язка була виконана до основної рейки на рейковому водомірному посту, який розташовано у південній частині лиману на території сан. Куяльник біля с. Котовка (рис. 3.1 та 3.2).

Висотні позначки поверхні води визначалася нівелюванням до вказаної рейки Державної висотної мережі. Для цього були використані наступні прилади та обладнання:

- 1) нівелір (НС-4);
- 2) рейка нівелірна (РН-3);
- 3) тринога (штатив);
- 4) мірна стрічка;
- 5) металевий башмак.

Водомірна рейка закріплена на бетонному пірсі в 5 метрах від забірного пристрою насосної станції сан. Куяльник. Відмітка нуля графіка водомірного поста складає: мінус 7,06 м БС, а нуля спостережень: мінус 6,56 м БС.

## 3.2 Камеральна обробка результатів батиметричної зйомки

### 3.2.1 Первинний аналіз польових матеріалів батиметричної зйомки

Результати батиметричної зйомки представлені у вигляді плану батиметричної зйомки та кривих об'ємів і площ водної поверхні лиману. При виконанні батиметричної зйомки були зафіксовані такі дані: дата та час початку і закінчення робіт, відмітка рівня води на водомірному посту на початок та кінець батиметричної зйомки, погода, хвилювання водної поверхні, прилади для промірів глибин та координування, номери промірних вертикалей, глибина на них, відмітки дна, прямокутні координати вертикалей ( $X$ , м та  $Y$ , м) в системі координат WGS-84. Також були визначені координати берегової лінії.

### 3.2.2 Побудова плану батиметричної зйомки лиману

Після підготовки та первинного аналізу польових матеріалів батиметричної зйомки побудовано план Куяльницького лиману в ізобатах (рис. 3.3 та 3.4). Також були обчислені основні морфометричні характеристики лиману, які наведені нижче за текстом цього розділу. До основних морфометричних характеристик лиману належать: довжина, середня ширина, порізаність берегової лінії, площа водного дзеркала, об'єм води.

Довжина лиману  $L$  – найкоротша відстань між двома віддаленими точками берегової лінії на лимані у липні-серпні 2009 р. становила 20,7 км.

Середня ширина лиману  $B_{сер}$  – відношення площі до довжини:

$$B_{сер} = \frac{F}{L}, \quad (3.3)$$

де  $F$  – площа водної поверхні лиману, км<sup>2</sup>;

$L$  – його довжина, км.

На Куяльницькому лимані у липні-серпні 2009 р.  $B_{сер} = 1,82$  км.

Максимальна ширина, у середній найбільш широкій частині лиману, складає близько 3,60 км.

Порізаність берегової лінії  $k$  (відношення довжини берегової лінії  $S$  до довжини кола, яке має площу рівновелику площі лиману)

$$k = \frac{S}{2\pi\sqrt{\frac{F}{\pi}}}. \quad (3.4)$$

На Куяльницькому лимані у липні-серпні 2009 р. становила 2,06.

Площа водного дзеркала лиману  $F$ , яка визначалася за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення Surfer 7.04, становила 37,6 км<sup>2</sup>.

Об'єм води в лимані  $V$  розраховувався складанням часткових об'ємів між ізобатами (горизонталями), рівних  $v_1, v_2, \dots, v_n$ , та визначався за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення Surfer 7.04.

Часткові об'єми дорівнюють

$$V_i = \frac{F_1 + F_2}{2} h_{пер}, \quad (3.5)$$

де  $F_i$  – площа, обмежена  $i$ -ю ізобатою;

$h_{пер}$  – відстань між ізобатами по висоті.

Об'єм лим. Куяльницького у липні-серпні 2009 р. становив  $18,8 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>.

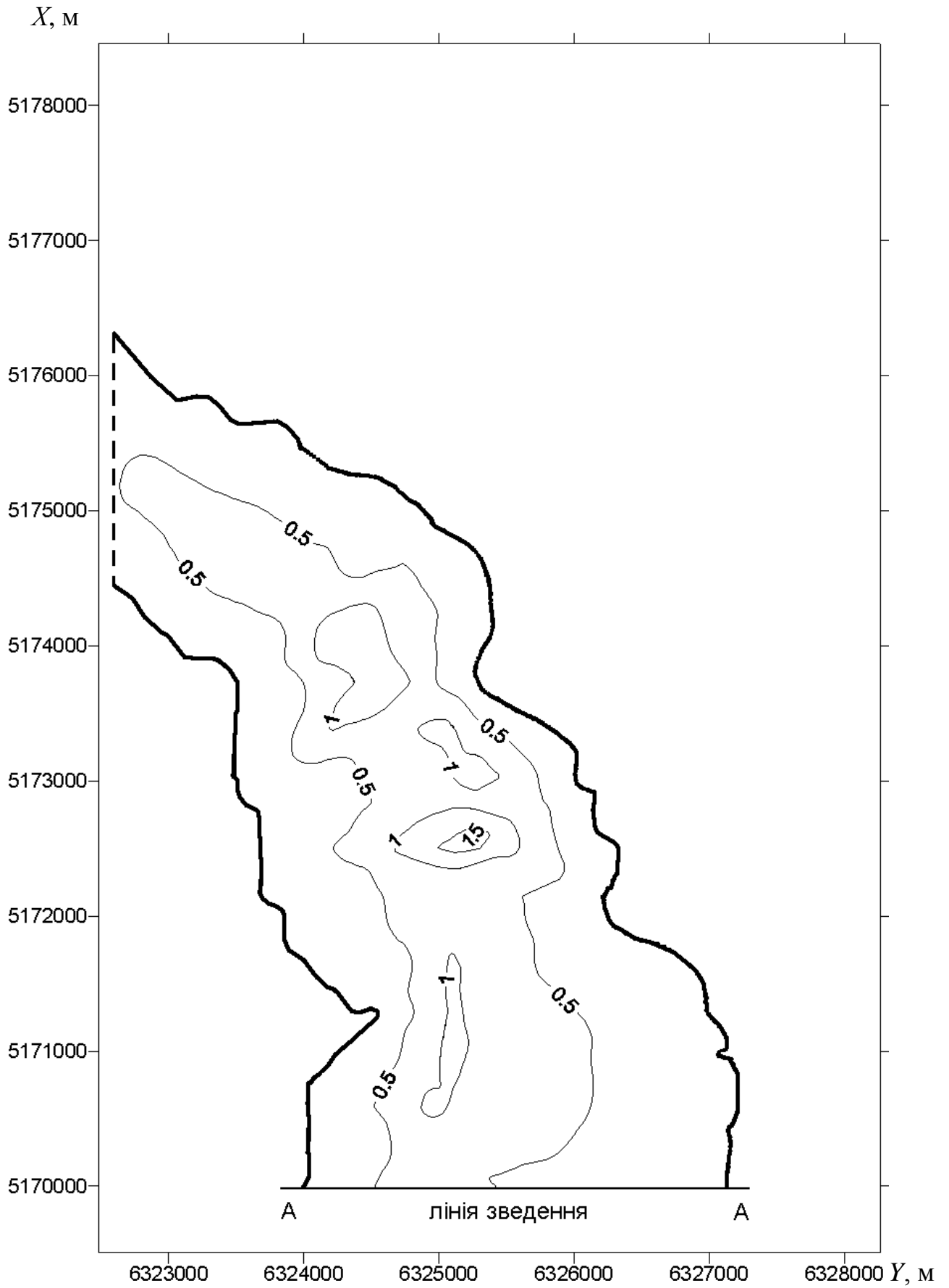


Рисунок 3.3 – План Куяльницького лиману в ізобатах

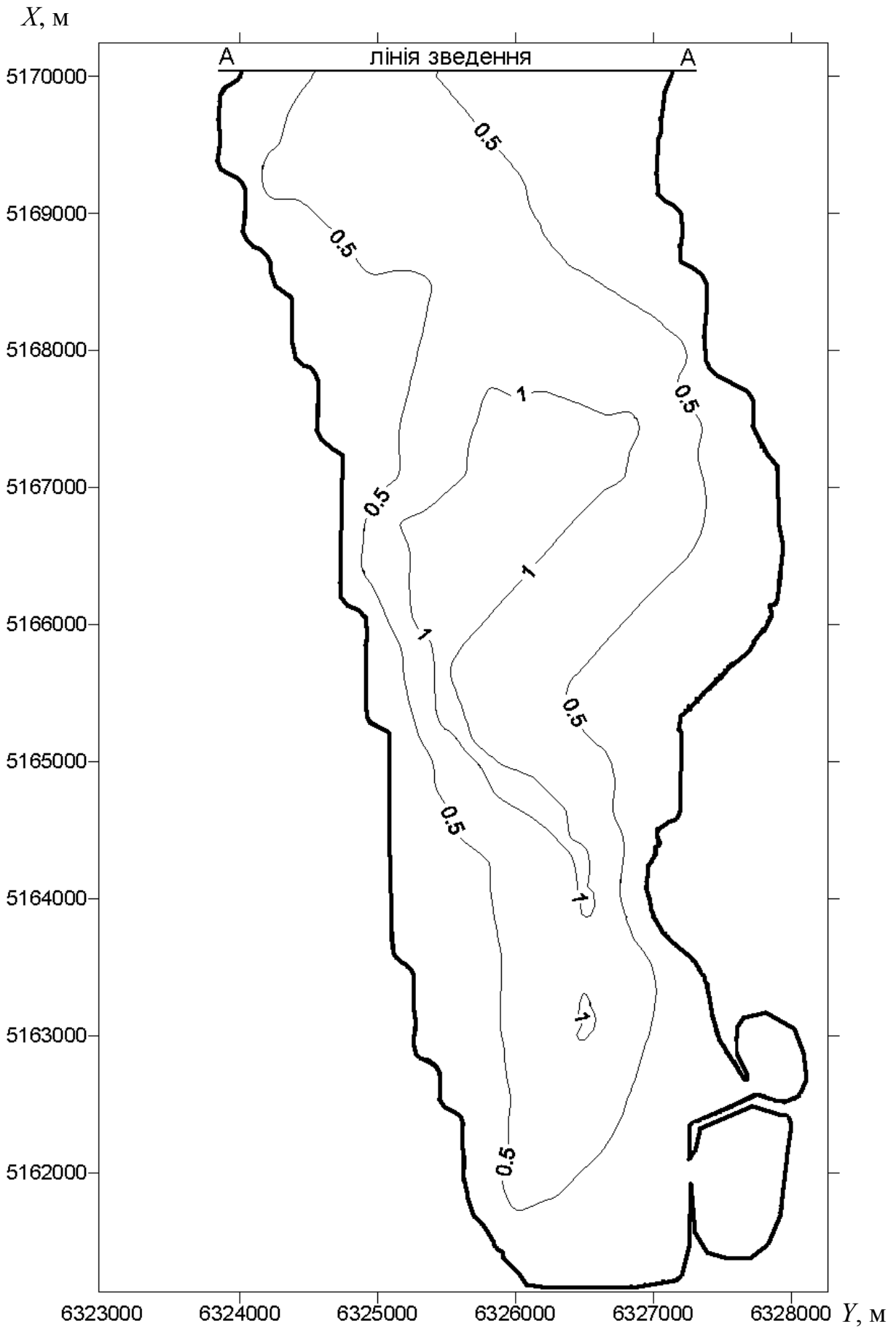


Рисунок 3.3

Лист 2

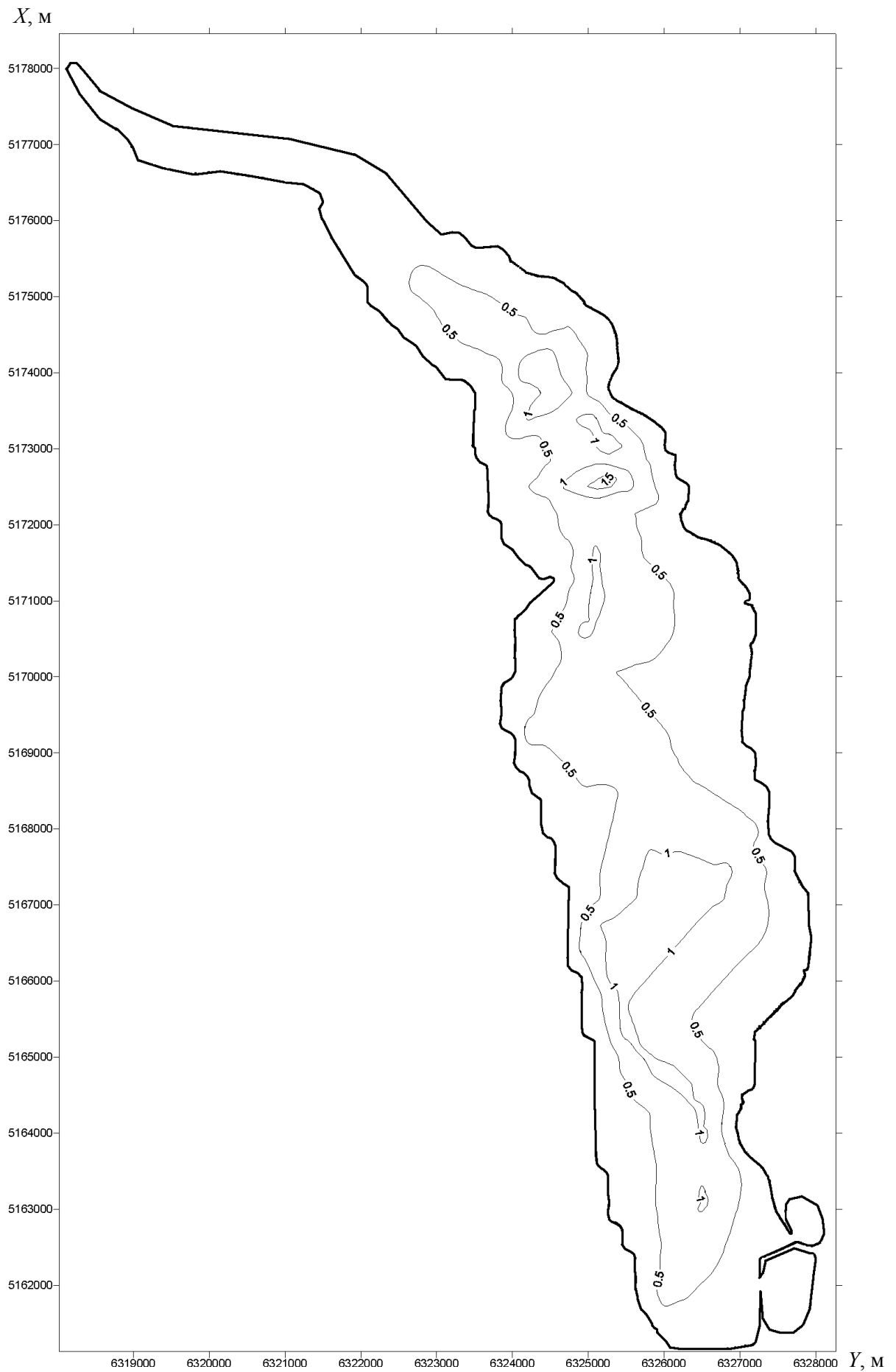


Рисунок 3.4 – План Куяльницького лиману в ізобатах (без розривів)

Середня глибина лиману  $h_{сер}$  визначається як частка від ділення об'єму лиману  $V$  на площу водного дзеркала  $F$ , тобто

$$h_{сер} = \frac{V}{F}. \quad (3.6)$$

На Куяльницькому лимані у липні-серпні 2009 р.  $h_{сер} = 0,50$  м.

### 3.2.3 Побудова кривих об'ємів і площ водної поверхні лиману

Для вирішення прикладних гідрологічних задач зручно мати криві залежностей між рівнем води в лимані та його площами  $F = f(H)$  та об'ємами  $V = f(H)$ , які будуються за даними табл. 3.1 (рис. 3.5 та 3.6).

Таблиця 3.1 – Координати кривої площ  $F = f(H)$  водної поверхні та кривої об'ємів води  $W = f(H)$  Куяльницького лиману (за даними батиметричної зйомки в липні-серпні 2009 р.)

№ п/п	Відмітка дна, м БС	Площа водного дзеркала, км <sup>2</sup>	Об'єм води, 10 <sup>6</sup> ·м <sup>3</sup>
1	-6,42	37,6	18,8
2	-6,67	26,7	11,0
3	-6,92	18,4	5,33
4	-7,17	9,60	1,84
5	-7,42	2,99	0,333
6	-7,67	0,247	0,029
7	-7,92	0,023	0,001
8	-8,22	0	0

### 3.3 Короткі відомості про фізико-хімічні властивості водойми

Визначення фізико-хімічних властивостей води Куяльницького лиману виконувалося на п'яти гідрохімічних станціях, а саме: 1 – с. Котовка (водомірний пост, сан. Куяльник), 2 – с. Красносілка (на урізі лівого берегу), 3 – с. Красносілка (середина лиману), 4 – с. Кубанка (гирло р. Кубанка в 3 км нижче селища), 5 – с. Севериновка (біля мосту в гирлі р. В. Куяльник).

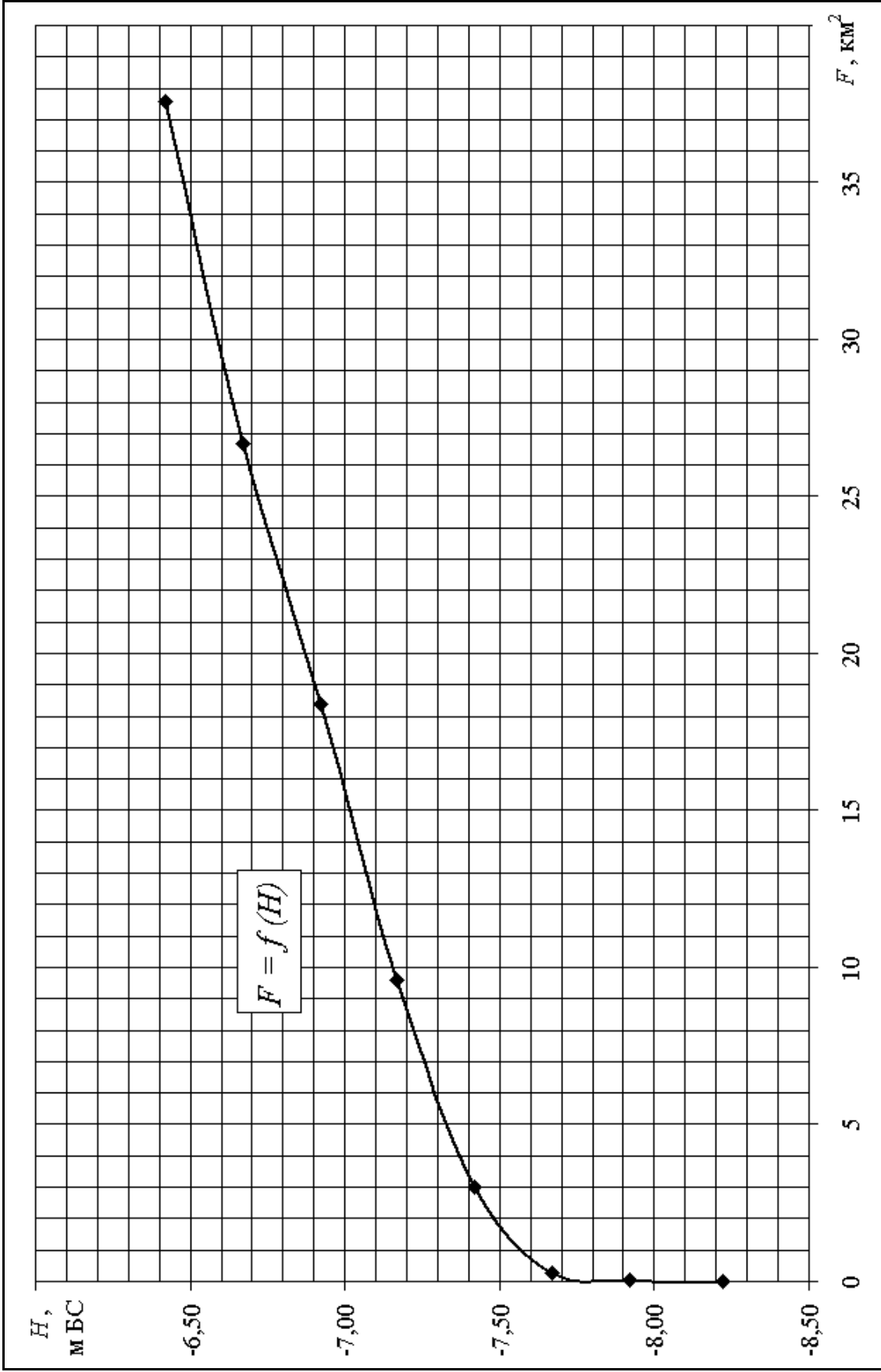


Рисунок 3.5 – Крива площ  $F = f(H)$  водної поверхні Куяльницького лиману  
(за даними батиметричної зйомки в липні-серпні 2009 р.)



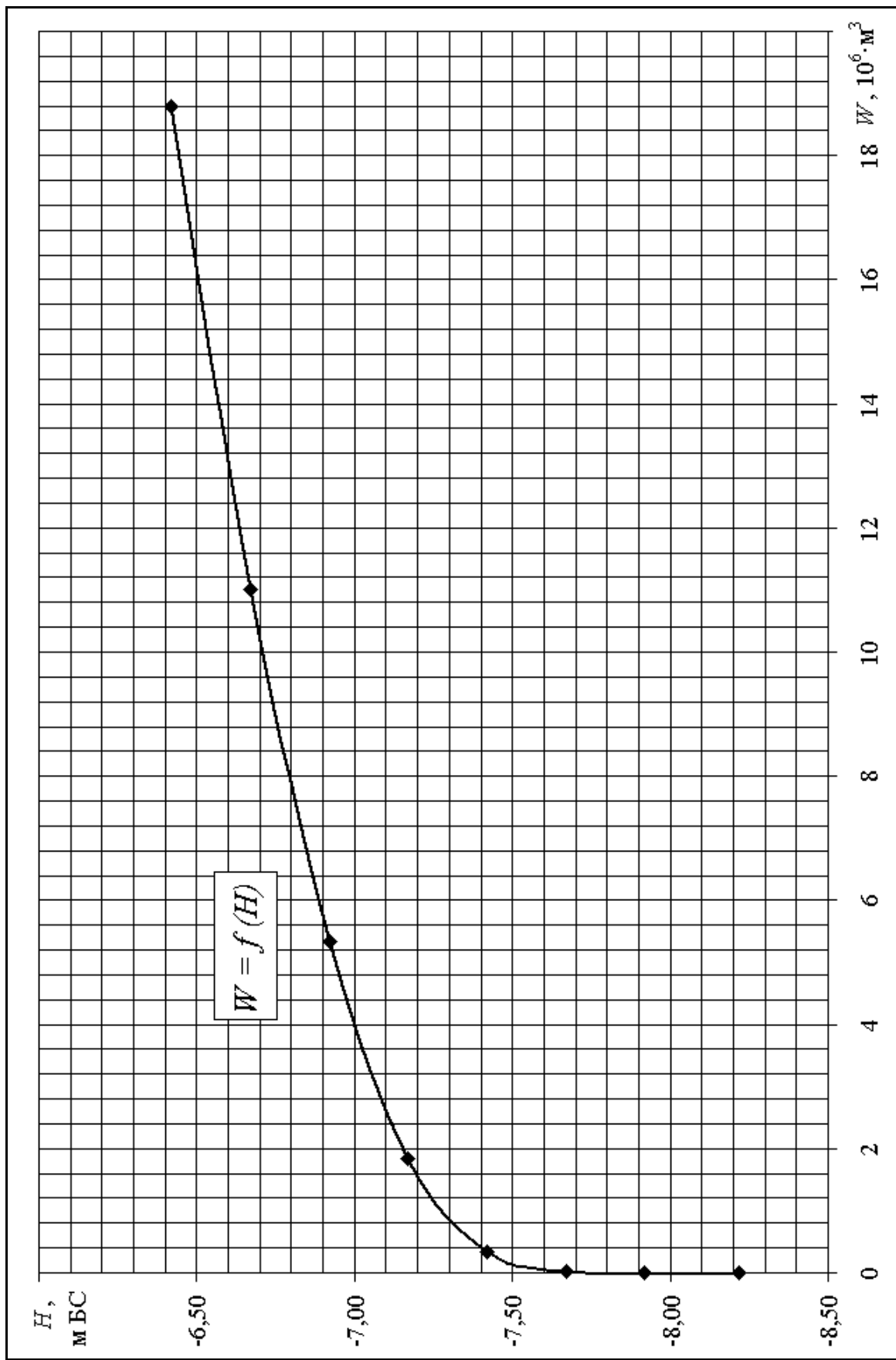


Рисунок 3.6 – Крива об’ємів води  $W = f(H)$  Куяльницького лиману  
(за даними батиметричної зйомки в липні-серпні 2009 р.)

При спостереженнях за фізико-хімічними властивостями води в Куяльницькому лимані були проведені наступні роботи на п'яти гідрохімічних станціях (рис. 3.1 та 3.2):

- візуальні спостереження поверхні водойми;
- визначення температури води;
- визначення запаху води;
- оцінка прозорості води;
- визначення кольоровості води;
- визначення рН води;
- визначення розчиненого кисню;
- визначення мінералізації.

Результати визначення фізико-хімічних властивостей води на гідрохімічних станціях та їхні географічні координати (північна широта та східна довгота) наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати визначення фізико-хімічних властивостей води Куяльницького лиману в липні-серпні 2009 р.

№ гідрохімічної станції	Географічні координати (WGS-84) гідрохімічних станцій, ° ' "		Солоність води, ‰	Концентрація розчиненого у воді кисню, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	рН	Температура води, °С	Прозорість води, м	Запах води, бали	Кольоровість води, № за шкалою кольоровості
	північна широта	східна довгота							
1	46 33 56,4	30 43 40,9	390	6,00	6,91	29,1	-	5	15
2	46 37 18,4	30 44 46,8	390	6,39	6,69	29,2	-	5	15-16
3	46 36 48,8	30 43 23,4	380	8,14	7,32	27,9	0,60	5	16
4	46 40 24,4	30 43 05,9	390	-	7,50	29,8	-	5	16
5	46 48 55,1	30 35 28,0	7,70	-	8,00	29,6	0,03	3	16

### 3.3.1 Проведення візуальних спостережень поверхні водойми

Візуальні спостереження поверхні водойми включали:

- визначення забруднення водойми (покриття поверхні води нафтовою або масляною плівкою, загибель риби, рослин, гнильного запаху);
- виявлення джерел забруднення (установлення місця скидання стічних вод і таке інше) та зону поширення забруднення по площі водойми (табл. 3.2).

Під час експедиційних досліджень на акваторії Куяльницького лиману нафтова плівка і таке інше були відсутні, відчувався тільки гнильний запах.

### 3.3.2 Вимірювання температури води

Температура води в Куяльницькому лимані визначалася водним термометром, який опускався у воду в місцях відбору проб на глибину 0,3-0,5 м. Після 5-8 хв. термометр виймали та робили відлік з точністю до 0,1 °С (табл. 3.2).

Під час експедиційних досліджень на лимані температура води коливалася в межах від 27,9 °С – в центральній частині водойми, до 29,8 °С – біля берегів. Температура води в гирлі р. В. Куяльник дорівнювала 29,6 °С.

### 3.3.3 Визначення запаху

Визначення запаху здійснювалося безпосередньо у водного об'єкта орієнтовно при температурі біля 20 °С (табл. 3.2). Для цього 250 дм<sup>3</sup> проби води поміщали у конічну колбу, закривали колбу пробкою та струшували обертовим рухом у закритому стані. Далі відкривши пробку органолептично визначали характер та інтенсивність запаху у відповідності до табл. 3.3 та 3.4.

Під час експедиційних досліджень на акваторії лиману відчувався гнильний запах з інтенсивністю 3-5 балів.

Таблиця 3.3 – Класифікація (характер) запаху

Характер запаху	Можливі джерела походження запаху
Хімічний	Промислові стічні води або хімічна обробка
Хлорний	Вільний хлор
Вуглеводний	Стоки нафтоочисних заводів
Лікарський	Фенол і йодоформ
Сірчистий	Сірководень
Гнильний	Застояні стічні води

Таблиця 3.4 – Визначення інтенсивності запаху води

Інтенсивність, в балах	Характеристика	Поява запаху
1	2	3
0	Ніякого запаху	Відсутність відчутного запаху
1	Дуже слабкий	Запах непомітний споживачем, але помітний фахівцем
2	Слабкий	Запах, легко помітний споживачем, якщо звернути увагу на нього

Продовження табл. 3.4

1	2	3
3	Помітний	Запах, помітний і здатний бути причиною того, що вода стає непридатною для пиття
4	Виразний	Запах, що звертає на себе увагу, змушуючи втриматися від пиття
5	Дуже сильний	Запах настільки сильний, що робить воду непридатною для пиття

### 3.3.4 Визначення прозорості та кольоровості води

Прозорість визначалася по границі зникнення та появи білого диска Секкі з тіньової сторони борта промірного човна (табл. 3.2).

Кольоровість води визначалася в градусах візуально за допомогою білого диска Секкі та спеціальної шкали кольоровості. Для цього диск Секкі опускали 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 (табл. 3.2).

Під час експедиційних досліджень на лимані прозорість води склала 0,60 м – на акваторії лиману, та 0,03 м – в гирлі р. В. Куяльник.

Кольоровість води лиману та р. В. Куяльник дорівнювала №№ 15-16 за стандартною шкалою кольоровості.

### 3.3.5 Визначення концентрації іонів водню (рН)

Визначення рН виконувалося безпосередньо у водного електрометричним методом приладом рН-150 (s/n 1024) та колориметричним методом з використанням колориметричної шкали (табл. 3.2).

Колориметрична шкала складається з 19 запаяних пробірок з розчинами і двох порожніх, з гумовими пробками, призначених для відібраної проби води. Досліджувану воду наливали в одну з пробірок за допомогою сифона – чистої гумової трубки, з затискачем Мору і скляним наконечником. Пробірку обполоскували два рази досліджуваною водою, а потім наповнювали до мітки.

Прикладені до шкали індикатори діють тільки в певній частині шкали: бромтимоловий синій – рН від 6,00 до 7,60; крезоловий червоний – рН від 7,60 до 8,20; тимоловий синій – рН від 8,2 до 9,2. Застосування того або іншого індикатора залежить від очікуваної величини рН відібраної проби. При визначенні рН вперше, початок робився з індикатора крезолового червоного. Індикатор набирался мікропіпеткою до верхньої риси і доливався у пробірку з

досліджуваною пробою в обсязі 0,5 дм<sup>3</sup>. Пробірку закривали пробкою, а її вміст обережно перемішували дворазовим перевертанням. При цьому досліджувана вода приймала певне фарбування, яке залежало від концентрації іонів водню у відібраній пробі. Отримане фарбування проби порівнювалося з фарбуванням розчинів в пробірках з відповідними індикаторами колориметричної шкали. Порівняння фарбувань виконувалося на білому тлі з двома суміжними пробірками шкали.

У випадку точного збігу тону фарбування за результат приймалась величина рН, що зазначена на етикетці пробірки шкали. Якщо фарбування досліджуваної води відповідало проміжному тону між двома пробірками шкали, за результат бралось середнє між ними значення рН. Якщо отримане фарбування проби води не підходило в межах дії даного індикатора, наприклад, крезолового червоного, визначення повторювалися з наступним. Для цього другу пробірку зі шкали заповнювали тією ж пробєю води та чистою мікропіпеткою доливали наступний індикатор. Отримане фарбування порівнювалося з відповідними розчинами колориметричної шкали. Вибір наступного індикатора робили у такий спосіб:

- якщо фарбування відібраної проби води з індикатором крезоловий червоний інтенсивно жовте і не співпадало з першою пробіркою шкали, застосовували індикатор бромтимоловий синій;

- якщо фарбування відібраної проби води червоне і більш яскраве, чим в останній пробірці шкали діапазону крезолового червоного, застосовувався індикатор тимоловий синій.

Під час експедиційних досліджень на Куяльницькому лимані рН води коливалася від 6,69 – в нижній частині лиману, до 7,50 – в верхній.

В гирлі р. В. Куяльник рН дорівнювало 8,00.

### 3.3.6 Визначення розчиненого кисню (O<sub>2</sub>) та солоності

У воді Куяльницького лиману концентрація розчиненого у воді кисню та проценту насичення води розчиненим киснем вимірювалася за допомогою електронного приладу АЖА-001М (s/n 0048), а солоність – солеміром «ВСЕГИНГЕО» (s/n 4347). Результати вимірювань цими електронними приладами наведено в табл. 3.2.

Підготовку та калібрування цих приладів було виконано свого часу фахівцями з хімії та електроніки.

Концентрація розчиненого кисню у воді Куяльницького лиману змінювалася від 6,00-6,39 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> – біля берегів, до 8,14 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> – в центральній частині водойми.

Солоність води Куяльницького лиману практично не змінювалася і склала в середньому по акваторії водойми 390 ‰, тільки в центральній частині лиману вона була меншою і склала 380 ‰.

В гирлі р. В. Куяльник солоність води дорівнювала 7,70 ‰.

### 3.4 Узагальнення результатів батиметричної зйомки та хімічного аналізу води Куяльницького лиману

Результати натурних експедиційних досліджень Куяльницького лиману в липні-серпні 2009 р. дозволяють узагальнити основні морфометричні характеристики водойми у сучасний період та дати аналіз їх змін в залежності від коливань рівня води в лимані.

За даними натурних досліджень і аналізу супутникових знімків у липні-серпні 2009 р. довжина лиману становила 20,7 км.

Ширина лиману поступово збільшується з півночі на південь та досягає максимального значення на ділянці с. Красносілка і становить 3,60 км.

Найбільша глибина в лимані відмічена в районі гирла р. Кубанка, яка при відмітці рівня мінус 6,42 м БС становила 1,80 м. Влітку 2009 р. при відмітці мінус 6,42 м БС середня глибина становила 0,50 м.

Площа водного дзеркала Куяльницького лиману може змінюватися в залежності від наповнення водойми від 19 до 74 км<sup>2</sup>, влітку 2009 р. при рівні мінус 6,42 м БС спостерігалось її середнє значення, яке становило 37,6 км<sup>2</sup>.

Об'єм води в лимані може досягати 370 млн. м<sup>3</sup>, у 2009 р. він склав лише 18,8 млн. м<sup>3</sup>, що майже в 20 разів менше за максимальне значення.

Висновок про те, що чаша лиману замулюється, формується на підставі зіставлення кривих площ водної поверхні (рис. 3.7) та об'ємів води водойми (рис. 3.8), побудованих за результатами батиметричних зйомок (промірів глибин) Куяльницького лиману, виконаних в 1975 р. та влітку 2009 р.

Зіставляючи ці криві, можна бачити, що за рахунок замулення та внутрішнього перерозподілу донних відкладів, відбувається постійне зменшення ємності лиману в області мінімальних рівнів води. Так, за період з 1975 р. по 2009 р. об'єм Куяльницького лиману за рахунок замулення в області мінімальних рівнів води (менше мінус 6,50 м БС) зменшився на 13,0 млн. м<sup>3</sup>, тобто середня інтенсивність зменшення об'єму лиману за останні три десятиріччя становить 0,38 млн. м<sup>3</sup> на рік.

Аналізуючи водний стік р. В. Куяльник за період з 1975 по 2009 рр., який міг би під час значних паводків та водопіль принести в лиман велику кількість наносів, можна констатувати, що був майже відсутнім. Отже, приплив наносів з річковим і балковим стоком, а також їхній змив зі схилів лиману під час зливових опадів та в період весняного сніготанення не міг значним чином вплинути на замулення лиману. Отже, зменшення ємності лиману в області мінімальних рівнів води (менше мінус 6,50 м БС) шляхом замулення чаші лиману міг відбуватися тільки за рахунок внутрішнього перерозподілу донних відкладів, завдяки вітровим або іншим циркуляціям у водоймі.

Висновок про замулення Куяльницького лиману також підтверджує підвищення солоності ропи водойми при майже однакових рівнях води за останні 50 років. Так, у 1962 р. рівню води мінус 6,50 м БС відповідала солоність 250 ‰, при тому ж рівні в 1995 р. вона вже була 272 ‰, а в 2009 р. при рівні води мінус 6,42 м БС – підвищилася аж до 390 ‰.

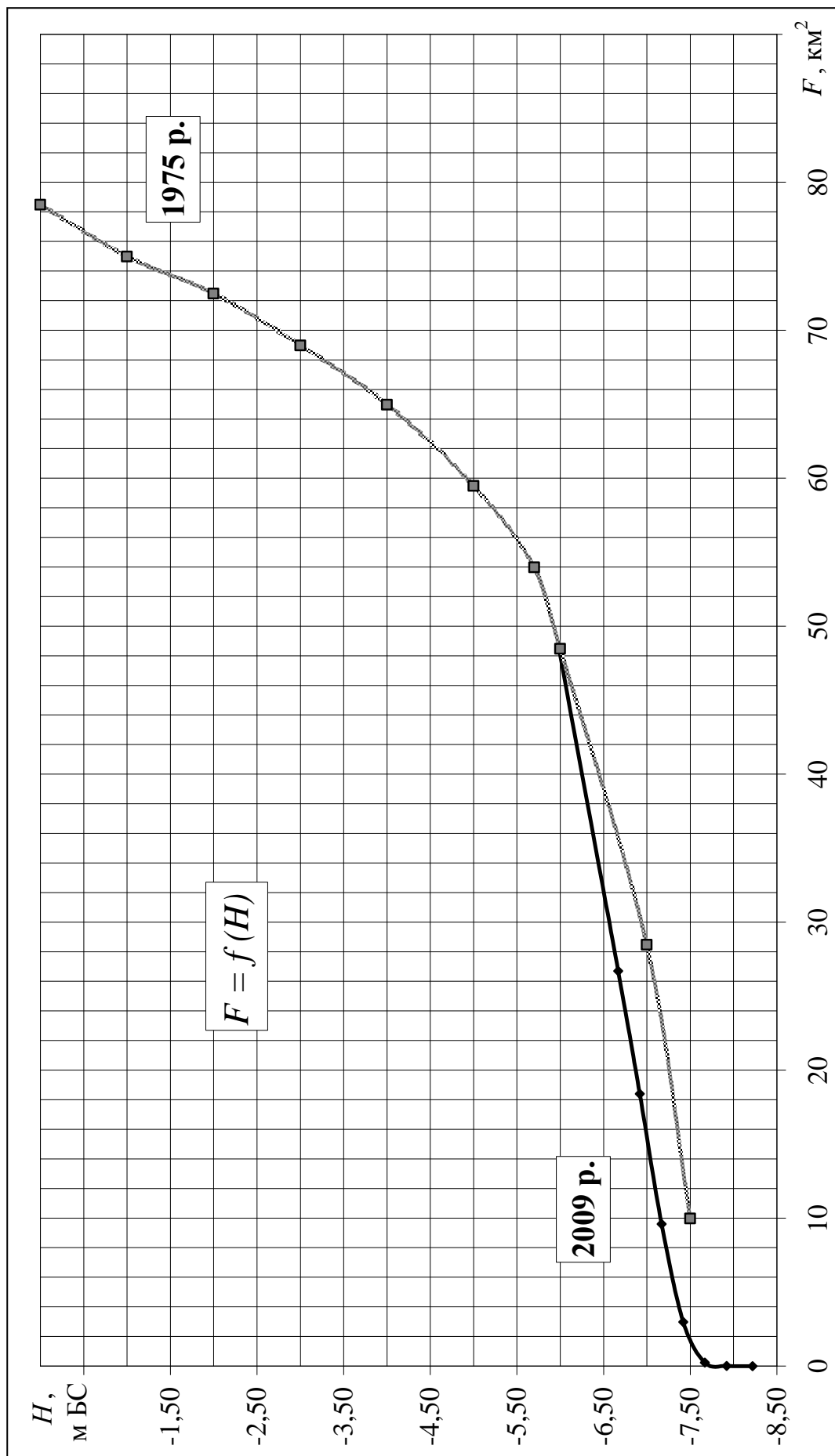


Рисунок 3.7 – Криві площ  $F = f(H)$  водної поверхні Куяльницького лиману, за даними батиметричних зйомок в 1975 та 2009 рр. (відмітка «0» графіка водпоста мінус 7,06 м БС [12,18])

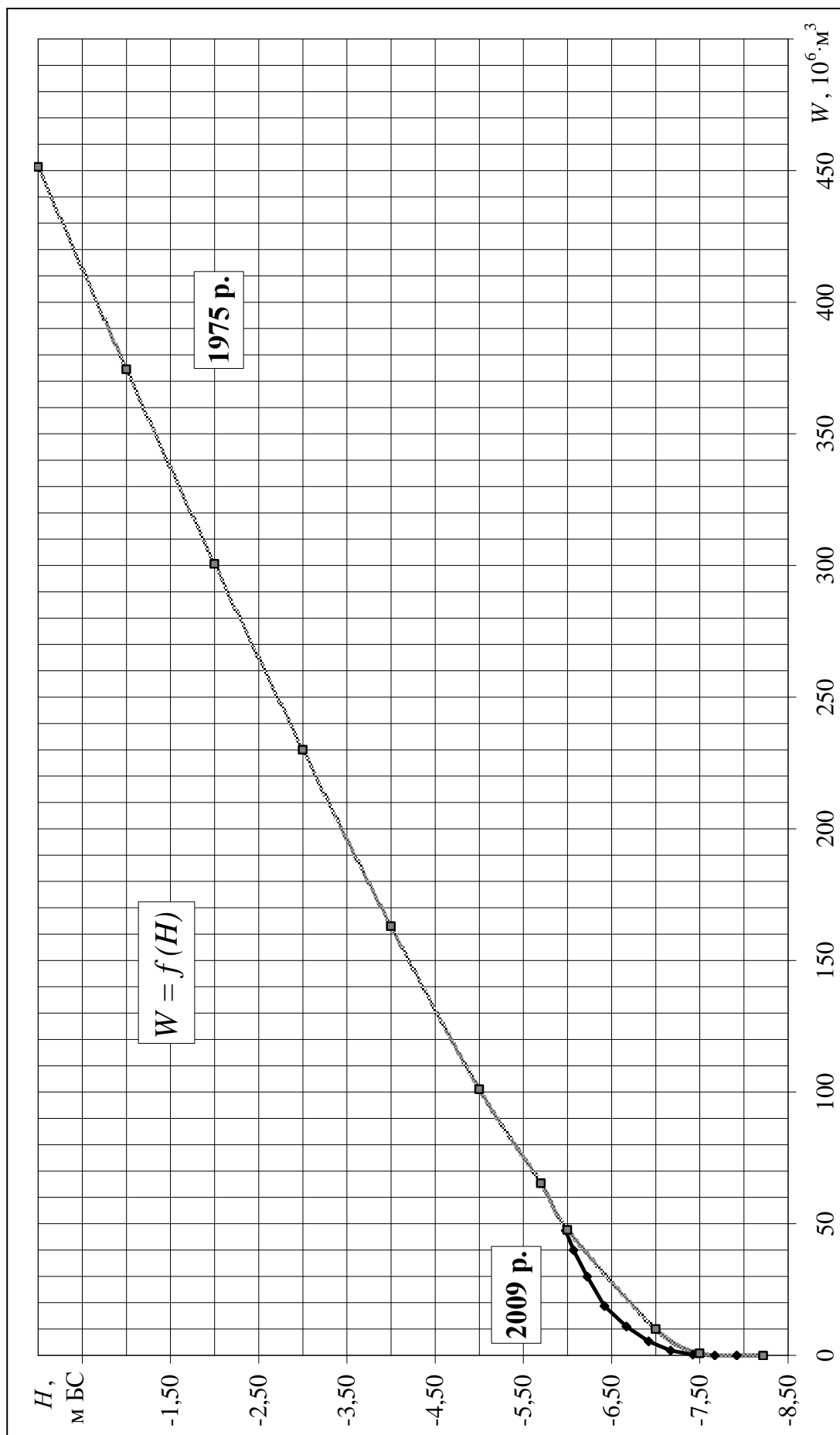


Рисунок 3.8 – Криві об'ємів води  $W = f(H)$  Куяльницького лиману, за даними батиметричних зйомок в 1975 та 2009 рр. (відмітка «0» графіка водпоста мінус 7,06 м БС [12,18])



## 4 СКЛАДОВІ ВОДНОГО БАЛАНСУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ

Середньобогаторічні, річні та сезонні коливання рівня води в лимані залежать від співвідношення складових водних балансів водойми.

Модель водного балансу лиману Куяльницький у загальному вигляді може бути представлена наступним рівнянням:

$$\pm \Delta W_{\text{факт}} = W_1 - W_2 = \pm \Delta W_{\text{обч}} = V_{\text{Ек}} - (V_{\text{Рк}} + V_{\text{ноб}}), \quad (4.1)$$

де  $\pm \Delta W_{\text{факт}}$  – фактична зміна об'єму води в лимані за рік, млн. м<sup>3</sup>;

$W_1$  – об'єм води в лимані на початок року (1 січня), млн. м<sup>3</sup>;

$W_2$  – об'єм води на кінець року (31 грудня), млн. м<sup>3</sup>;

$\pm \Delta W_{\text{обч}}$  – обчислена зміна об'єму води в лимані за рік, млн. м<sup>3</sup>;

$V_{\text{Ек}}$  – об'єм випаровування з водної поверхні лиману за рік, млн. м<sup>3</sup>;

$V_{\text{Рк}}$  – об'єм атмосферних опадів, які випали на водну поверхню лиману у вигляді дощу або снігу за рік, млн. м<sup>3</sup>;

$V_{\text{ноб}}$  – об'єм води, яка надійшла в лиман впродовж року з річковим (поверхневим, схиловим і підземним) стоком  $V_r$  та озер пересипу  $V_{\text{оз}}$ , млн. м<sup>3</sup>.

Прихідна частина водного балансу Куяльницького лиману формується за рахунок атмосферних опадів  $V_{\text{Рк}}$ , які випали на водну поверхню лиману у вигляді дощу або снігу, та води  $V_{\text{ноб}}$ , що надійшла в лиман за рік з річковим (поверхневим, схиловим і підземним) стоком  $V_r$  та скинута з озер пересипу  $V_{\text{оз}}$ .

Витратна частина водного балансу Куяльницького лиману формується тільки за рахунок випаровування з водної поверхні водойми  $V_{\text{Ек}}$ .

### 4.1 Визначення фактичних змін об'єму води в лимані за рік

Визначення фактичних змін (збільшення чи зменшення) об'єму води в лимані  $\pm \Delta W_{\text{факт}}$  за рік виконується за даними спостережень за рівнем води на водомірному посту на початок  $H_1$  (1 січня) та кінець  $H_2$  (31 грудня) року з використанням кривих об'ємів води  $W = f(H)$  Куяльницького лиману, які побудовані за даними батиметричних зйомок 1975 та 2009 рр.

Водомірний пост, як визначалось раніше, знаходиться в південній частині лиману. Зміна рівня води в лимані відбувається при зміні об'єму водної маси та при порушенні горизонтального положення поверхні води. Останнє зв'язано з вітровими згонами та нагонами води. Вітрові денівеляції рівня води на таких лиманах можуть досягати 20-40 см та більше [1,11,12].

Визначення об'єму лиману на початок  $W_1$  та кінець  $W_2$  року виконувалося з використанням рівнів води на початок  $H_1$  (1 січня) та кінець  $H_2$  (31 грудня) року та кривих об'ємів води  $W = f(H)$  (рис. 3.8), побудованих за даними батиметричних зйомок 1975 р. та 2009 р. (див. розділ 3, п. 3.4).

Рівні води в лимані на початок та кінець року –  $H_1$  і  $H_2$  та відповідні їм  $W_1$  і  $W_2$ , а також  $\pm \Delta W_{\text{факт}}$  за період з 1960 по 2008 рр. наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Рівні та об'єми води Куяльницького лиману на початок та кінець року і значення  $\pm \Delta W_{\text{факт}}$  за період з 1960 по 2008 рр.

Рік	Рівень води над «0» графіка водпоста *, см			Об'єми води в лимані та їхні зміни за рік, млн. м <sup>3</sup>		
	$H_1$	$H_2$	$H_{\text{сер}}$	$W_1$	$W_2$	$\pm \Delta W_{\text{факт}}$
1	2	3	4	5	6	7
1960	98	86	84	45,0	40,0	5,0
1961	87	66	82	40,0	32,0	8,0
1962	66	38	55	31,0	22,0	9,0
1963	40	204	199	23,0	102,0	-79,0
1964	204	182	203	100,0	88,0	12,0
1965	182	163	174	87,0	79,0	8,0
1966	164	165	176	79,0	80,0	-1,0
1967	165	184	200	80,0	89,0	-9,0
1968	185	169	186	90,0	82,0	8,0
1969	169	284	275	81,0	150,0	-69,0
1970	284	276	289	150,0	144,0	6,0
1971	275	250	264	144,0	128,0	16,0
1972	249	218	232	128,0	109,5	18,5
1973	217	188	211	108,0	92,0	16,0
1974	190	168	177	92,5	81,5	11,0
1975	167	113	140	81,0	52,0	29,0
1976	116	108	110	53,0	50,0	3,0
1977	109	131	133	49,5	63,0	-13,5
1978	130	162	162	62,5	78,0	-15,5
1979	164	160	174	79,0	77,5	1,5
1980	156	232	216	76,0	116,0	-40,0
1981	233	257	245	117,5	132,0	-14,5
1982	255	240	260	131,0	122,0	9,0
1983	241	193	224	122,5	95,0	27,5
1984	193	196	203	94,0	105,5	-11,5
1985	196	229	230	96,0	115,0	-19,0
1986	229	203	225	115,0	100,0	15,0
1987	203	185	204	99,5	90,0	9,5
1988	185	194	194	90,0	94,5	-4,5
1989	194	192	186	95,0	93,0	2,0
1990	192	192	188	93,0	93,0	0,0
1991	191	190	189	92,0	92,0	0,0
1992	190	89	131	91,5	17,0	74,5
1993	89	62	80	27,0	14,0	13,0
1994	63	46	54	14,0	12,5	1,5

\* відмітка «0» графіка водпоста мінус 7,06 м БС [12,18]

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
1995	49	21	56	12,0	7,5	4,5
1996	23	51	40	7,5	13,0	-5,5
1997	54	74	65	13,0	15,0	-2,0
1998	72	39	59	15,0	10,0	5,0
1999	38	110	96	10,0	20,0	-10,0
2000	109	102	113	20,0	18,5	1,5
2001	105	94	101	19,0	17,5	1,5
2002	101	84	92	18,0	16,0	2,0
2003	84	171	170	16,0	82,5	-66,5
2004	171	173	174	82,5	83,0	-0,5
2005	173	138	160	83,0	66,0	17,0
2006	138	123	138	65,0	56,0	9,0
2007	121	88	101	55,0	16,5	38,5
2008	88	76	78	16,5	15,5	1,0
Багаторічні	98	88	158	45,0	16,5	21,0

#### 4.2 Обчислення об'єму атмосферних опадів на водну поверхню лиману

Для обчислення об'єму атмосферних опадів  $V_{PK}$ , які випадали на водну поверхню Куяльницького лиману у вигляді дощу або снігу, були зібрані дані спостережень за річними сумами опадів  $P_O$  по метеостанції Одеса – ГМО з 1894 по 2008 рр. [19].

Ця метеостанція була вибрана як опорна, в зв'язку з тим, що ряд спостережень за метеорологічними характеристиками, у тому числі за атмосферними опадами, на ній є майже безперервними на протязі 115 років (не враховуючи перерви у 1904 та 1941-1944 рр.).

Однак метеостанція Одеса – ГМО розташована на відстані майже 10 км від лиману. Тому вченими ОГМІ (нині ОДЕКУ) та ОДУ ім. І.І. Мечникова (нині ОНУ ім. І.І. Мечникова) в попередніх дослідженнях цієї проблеми [1 та інш.] був встановлений перехідний коефіцієнти  $k$  від річних сум опадів  $P_O$  по метеостанції Одеса – ГМО до річних сум опадів  $P_K$  на гідрологічному посту Одеса – лиман Куяльницький, який дорівнює 0,94.

З використанням цього коефіцієнту об'єм опадів  $V_{PK}$ , млн. м<sup>3</sup>, які випадали на водну поверхню лиману, можна визначити за таким рівнянням:

$$V_{PK} = P_K \cdot F_{Hcep} \cdot 10^{-3} = k \cdot P_O \cdot F_{Hcep} \cdot 10^{-3} = 0,94 \cdot P_O \cdot F_{Hcep} \cdot 10^{-3}, \quad (4.2)$$

де  $V_{PK}$  – об'єм атмосферних опадів, які випали на водну поверхню лиману у вигляді дощу або снігу за рік, млн. м<sup>3</sup>;

$P_K$  – річна сума опадів по гідрологічному посту на лимані, мм;

$P_O$  – річна сума опадів по метеостанції Одеса – ГМО, мм;

0,94 – перехідний коефіцієнт  $k$  від річних  $P_O$  до річних  $P_K$ ;

$10^{-3}$  – переводний коефіцієнт від мм в м;

$F_{H_{сер}}$  – середньорічна площа водного дзеркала лиману, млн. м<sup>2</sup>.

Визначення середньорічних площ водного дзеркала Куяльницького лиману  $F_{H_{сер}}$  виконувалося з використанням середньорічних рівнів води  $H_{сер}$  [1,18,15] та кривих площ  $F = f(H)$  водної поверхні (рис. 3.7), побудованих за даними батиметричних зйомок 1975 р. [1] та 2009 р. (див. розділ 3, п. 3.4).

Середньорічні рівні води  $H_{сер}$  Куяльницького лиману та відповідні їм площі водного дзеркала  $F_{H_{сер}}$  за період з 1960 по 2007 рр. наведені в табл. 4.2.

Результати обчислення річних об'ємів атмосферних опадів  $V_{Рк}$ , які випали на водну поверхню лиману, та складові рівняння (4.2) наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.2 – Середньорічні рівні води  $H_{сер}$  Куяльницького лиману та відповідні їм площі водного дзеркала  $F_{H_{сер}}$

Рік	$H_{сер}$ , см	$F_{H_{сер}}$ , млн. м <sup>2</sup>	Рік	$H_{сер}$ , см *	$F_{H_{сер}}$ , млн. м <sup>2</sup>
1960	84	44,50	1985	230	61,00
1961	82	44,00	1986	225	60,80
1962	55	39,00	1987	204	59,60
1963	199	59,00	1988	194	58,80
1964	203	59,50	1989	186	58,20
1965	174	57,20	1990	188	58,40
1966	176	57,30	1991	189	58,60
1967	200	59,10	1992	131	53,20
1968	186	58,10	1993	80	40,00
1969	275	63,50	1994	54	31,80
1970	289	64,00	1995	56	32,00
1971	264	62,90	1996	40	27,00
1972	232	61,10	1997	65	35,00
1973	211	59,80	1998	59	33,00
1974	177	57,40	1999	96	45,00
1975	140	54,30	2000	113	50,20
1976	110	49,10	2001	101	46,30
1977	133	53,80	2002	92	43,50
1978	162	56,20	2003	170	57,00
1979	174	57,20	2004	174	57,20
1980	216	60,00	2005	160	56,30
1981	245	61,90	2006	138	54,40
1982	260	62,90	2007	101	46,30
1983	224	60,90	2008	78	39,50
1984	203	59,50	Середнє	161	53,04

Таблиця 4.3 – Річні об'єми атмосферних опадів  $V_{PK}$ 

Рік	$P_O$ , мм	$P_K$ , мм	$F_{Нсер}$ , млн. м <sup>2</sup>	$V_{PK}$ , млн. м <sup>3</sup>	Рік	$P_O$ , мм	$P_K$ , мм	$F_{Нсер}$ , млн. м <sup>2</sup>	$V_{PK}$ , млн. м <sup>3</sup>
1960	553,3	520,1	44,50	23,14	1985	437,6	411,3	61,00	25,09
1961	433,9	407,9	44,00	17,95	1986	405,3	381,0	60,80	23,16
1962	440,2	413,8	39,00	16,14	1987	348,6	327,7	59,60	19,53
1963	422,5	397,2	59,00	23,43	1988	640,0	601,6	58,80	35,37
1964	288,0	270,7	59,50	16,11	1989	310,2	291,6	58,20	16,97
1965	491,2	461,7	57,20	26,41	1990	478,0	449,3	58,40	26,24
1966	611,1	574,4	57,30	32,91	1991	340,7	320,3	58,60	18,77
1967	412,7	387,9	59,10	22,92	1992	313,0	294,2	53,20	15,65
1968	551,4	518,3	58,10	30,11	1993	360,0	338,4	40,00	13,54
1969	565,1	531,2	63,50	33,73	1994	425,0	399,5	31,80	12,70
1970	678,7	638,0	64,00	40,83	1995	525,0	493,5	32,00	15,79
1971	523,0	491,6	62,90	30,92	1996	398,0	374,1	27,00	10,10
1972	346,4	325,6	61,10	19,89	1997	640,0	601,6	35,00	21,06
1973	437,6	411,3	59,80	24,60	1998	472,0	443,7	33,00	14,64
1974	427,1	401,5	57,40	23,05	1999	524,0	492,6	45,00	22,17
1975	317,2	298,2	54,30	16,19	2000	583,0	548,0	50,20	27,51
1976	521,6	490,3	49,10	24,07	2001	481,0	452,1	46,30	20,93
1977	529,2	497,4	53,80	26,76	2002	510,0	479,4	43,50	20,85
1978	486,0	456,8	56,20	25,67	2003	443,0	416,4	57,00	23,73
1979	487,3	458,1	57,20	26,20	2004	648,0	609,1	57,20	34,84
1980	625,0	587,5	60,00	35,25	2005	460,0	432,4	56,30	24,34
1981	558,4	524,9	61,90	32,49	2006	494,0	464,4	54,40	25,26
1982	327,7	308,0	62,90	19,37	2007	477,0	448,4	46,30	20,76
1983	250,5	235,5	60,90	14,34	2008	398,0	374,1	39,50	14,78
1984	487,1	457,9	59,50	27,25	Середнє	468,5	440,3	53,04	23,13

#### 4.3 Визначення об'єму поверхневого припливу води

Природний приплив поверхневих вод  $V_{прип}$  в Куяльницький лиман є важливою складовою водного балансу. Основну частину поверхневого припливу води складає річковий стік талих вод в період весняного водопілля, а в окремі роки – й дощові води під час зливових опадів влітку  $V_r$  [1,11,15,17,20].

Певну частину в загальній величині припливу поверхневих вод в лиман складають антропогенні стоки (скиди) води з озер пересипу  $V_{оз}$ . За деякими літературними джерелами, річний об'єм цих скидів в середньому становить 6,62 млн. м<sup>3</sup> [1], а їхня частка в прихідній частині водного балансу Куяльницького лиману в окремі роки може досягати 5 % [14,15].

Наявність припливу морських вод в лиман, за рахунок просочування морської води через пересип, майже відсутня – усього 0,03-0,04 % від прихідної частини водного балансу лиману [1,11,17], а тому може не враховуватися.

#### 4.3.1 Розрахунок річного об'єму природного припливу річкових води

Загальна площа водозбірного басейну Куяльницького лиману  $F$ , як відзначалось раніше (див. розділ 1), складає близько  $2250 \text{ км}^2$ , з них  $1860 \text{ км}^2$  приходить на водозбір р. В. Куяльник, яка впадає до північної частини Куяльницького лиману. В зв'язку з тим, що систематичні спостереження за стоком води р. В. Куяльник та інших невеликих річках і балках водозбірного басейну лиману не ведуться, єдиним прямим методом визначення природного річкового припливу води  $V_r$  в лиман є його розрахунок через модуль середнього багаторічного поверхневого стоку води  $\bar{q}$ , л/(с·км<sup>2</sup>) в басейні лиману за регіональними методиками та нормативними документами. При цьому у величині річкового припливу води  $V_r$  в лиман буде враховано як об'єм схилових та поверхневих вод, так і підземних.

Відповідно до нормативного документу СНіП 2.01.14-83 [4] та карти середнього багаторічного стоку України [5], а також іншої наукової літератури [1,11,17,20], середньорічний модуль поверхневого стоку в басейні лиману складає  $\bar{q} = 0,35 \text{ л/(с·км}^2)$ , що дорівнює шару стоку  $\bar{Y} = 11,1 \text{ мм}$ .

З урахуванням цього, річні шари поверхневого стоку  $Y_p$ , в мм, можна визначити за наступним рівнянням:

$$Y_p = \bar{Y} \cdot k_p = 11,1 \cdot k_p, \quad (4.3)$$

де  $k_p$  – модульний коефіцієнт, який залежить від забезпеченості річної суми опадів  $P$ , %, та при  $C_v = 1,0$  і  $C_s/C_v = 2,0$  визначається за табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Залежність модульних коефіцієнтів  $k_p$  від значення забезпеченості  $P$ , %

$P$ , %	0,5	1,0	3,0	5,0	10	20	25	30	40	50
$k_p$	5,30	4,60	3,51	3,0	2,30	1,61	1,39	1,20	0,92	0,69
$P$ , %	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	
$k_p$	0,51	0,36	0,29	0,22	0,11	0,051	0,030	0,010	0,005	

Отже, річний об'єм природного припливу річкових вод  $V_r$ , млн. м<sup>3</sup>, з водозбірного басейну лиману можна визначити за рівнянням:

$$V_r = Y_p \cdot F \cdot 10^{-3} = 11,1 \cdot k_p \cdot 2250 \cdot 10^{-3} = 24,96 \cdot k_p. \quad (4.4)$$

Значення модульних коефіцієнтів  $k_p$  визначаються в залежності від забезпеченості річної суми опадів  $P$ , яка обчислюється з використанням емпіричної кривої забезпеченості річних сум опадів, побудованої за даними м/ст. Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр. (рис. 4.1).

Результати обчислення річних об'ємів природного річкового припливу води  $V_r$  в Куяльницький лиман та складові рівняння (4.4) наведені в табл. 4.5.

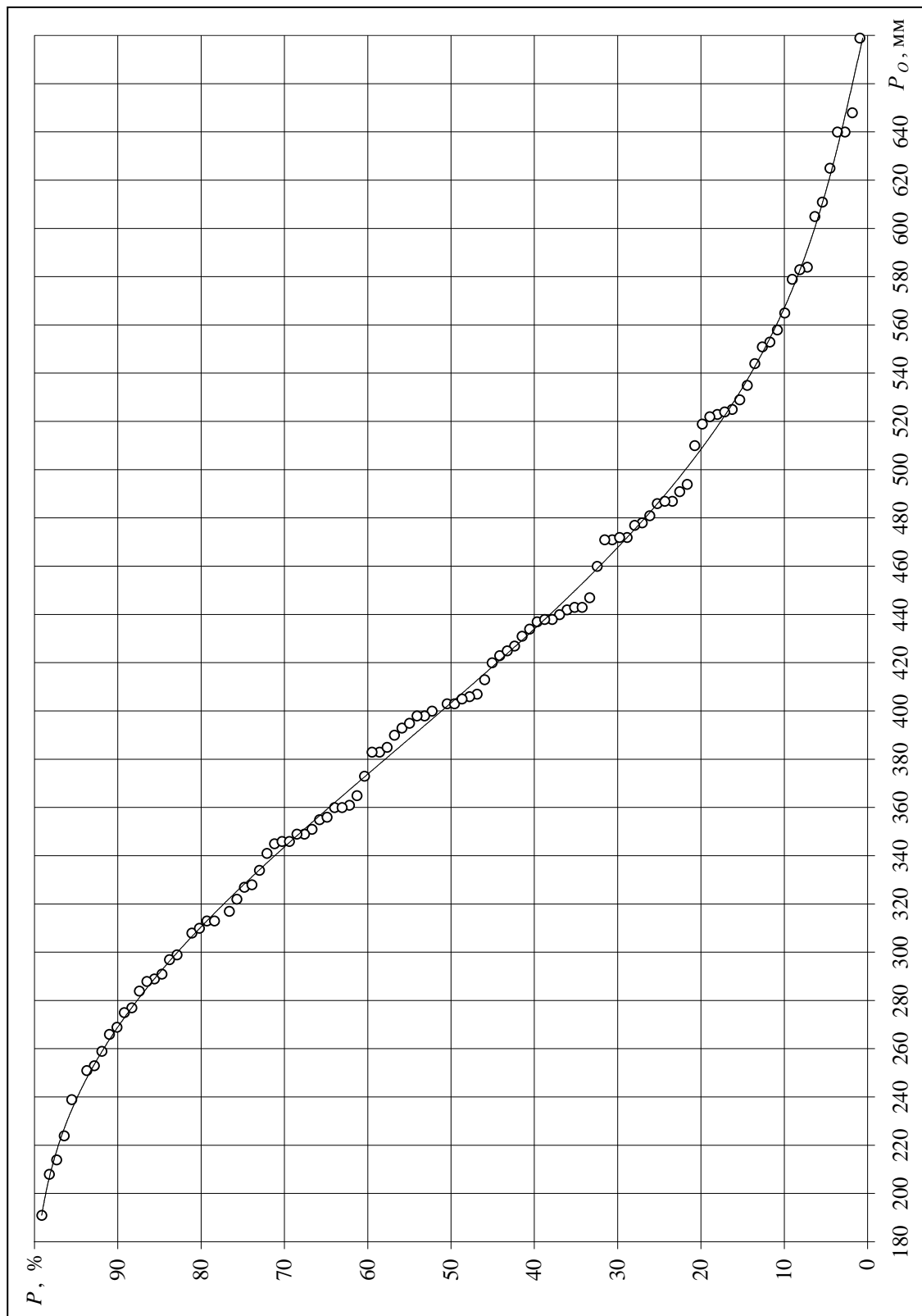


Рисунок 4.1 – Емпірична крива забезпеченості річних сум опадів  
(за даними метеостанції Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр.)

Таблиця 4.5 – Річні об'єми природного річкового припливу води  $V_r$ 

Рік	$P_o$ , мм	$P$ , %	$k_p$	$V_r$ , млн. м <sup>3</sup>	Рік	$P_o$ , мм	$P$ , %	$k_p$	$V_r$ , млн. м <sup>3</sup>
1960	553,3	12,0	2,12	52,65	1985	437,6	38,5	0,96	23,85
1961	433,9	40,0	0,92	22,95	1986	405,3	49,4	0,71	17,55
1962	440,2	38,0	0,97	24,08	1987	348,6	68,4	0,38	9,45
1963	422,5	43,7	0,83	23,00	1988	640,0	3,1	3,47	86,18
1964	288,0	85,9	0,15	3,83	1989	310,2	80,0	0,22	5,40
1965	491,2	24,0	1,43	35,55	1990	478,0	27,0	1,31	32,63
1966	611,1	5,4	2,92	72,68	1991	340,7	70,9	0,34	8,55
1967	412,7	46,9	0,76	18,90	1992	313,0	79,3	0,23	5,63
1968	551,4	12,4	2,09	51,98	1993	360,0	64,5	0,44	11,03
1969	565,1	10,5	2,25	56,03	1994	425,0	43,0	0,84	20,93
1970	678,7	0,9	4,71	117,00	1995	525,0	16,7	1,79	44,55
1971	523,0	17,0	1,77	43,88	1996	398,0	51,9	0,66	16,43
1972	346,4	69,0	0,37	9,23	1997	640,0	3,1	3,47	86,18
1973	437,6	38,5	0,96	23,85	1998	472,0	29,0	1,24	30,83
1974	427,1	42,2	0,86	21,38	1999	524,0	16,9	1,78	44,33
1975	317,2	78,3	0,25	6,30	2000	583,0	8,1	2,51	62,33
1976	521,6	17,2	1,76	43,65	2001	481,0	26,5	1,33	33,08
1977	529,2	17,0	1,77	43,88	2002	510,0	19,7	1,63	40,50
1978	486,0	25,2	1,38	34,20	2003	443,0	37,2	0,99	24,53
1979	487,3	25,0	1,39	34,65	2004	648,0	2,6	3,65	90,68
1980	625,0	4,3	3,15	78,30	2005	460,0	32,0	1,14	28,35
1981	558,4	11,2	2,19	54,45	2006	494,0	23,2	1,46	36,23
1982	327,7	75,0	0,29	7,20	2007	477,0	27,6	1,29	31,95
1983	250,5	93,4	0,07	1,80	2008	398,0	51,9	0,66	16,43
1984	487,1	25,0	1,39	34,65	Середнє	468,5	35,4	1,41	35,57

Примітка:  $F = 2250 \text{ км}^2$ ;  $\bar{Y} = 11,1 \text{ мм}$ .

#### 4.3.2 Розрахунок об'єму скидних вод з озер пересипу

В озерах на пересипу, які існують з моменту його появи, в результаті виклинювання фільтраційного потоку та випадання атмосферних опадів постійно накопичувався деякий об'єм води. До будівництва об'їзної автодороги з цих озер йшло природне розвантаження води в лиман у вигляді поверхневого стоку та фільтраційного потоку. Величину цього притоку води врахувати не представляється можливим, оскільки стік здійснювався розосереджено по всій ширині пересипу, а його кількість обумовлювалася головним чином перепадом рівнів води в морі та лимані.



Будівництво дороги, яка стала своєрідною дамбою для поверхневого і фільтраційного потоків з пересипу, об'єм води в озерах збільшився. З цього ж часу помітну роль в водному режимі озер відіграє скидання в них стічних вод, об'єм яких оцінити неможливо, що пов'язано з відсутністю їхнього обліку.

Для відведення води з озер пересипу було споруджено водовипуск, розташований в південно-західній частині лиману, у вигляді бетонного лотка з прямокутним перетином та шириною по дну 1,20 м. Цей канал (лоток) обривається в 150-200 м від сучасного урізу води лиману. На ділянці від лотка до лиману водний потік, постійно діючий впродовж року, виробив русло з чітко вираженими меандрами (крок меандр дорівнює 20 м).

Впродовж періоду з 1986 по 1995 рр. вченими ОНУ ім. І.І. Мечникова та ОДЕКУ здійснювалися спостереження за скиданням води в лиман по вказаному каналу (лотку), в результаті чого встановлено, що величина скидів носить сезонний характер: у осінній та зимово-весняний період, коли рівень води в озерах найбільш високий, вона коливається близько значення  $0,25 \text{ м}^3/\text{с}$ , а в літній період знижується до  $0,16 \text{ м}^3/\text{с}$  [1]. Оцінити частку цих скидів у водному балансі Куяльницького лиману можна шляхом порівняння їх величини з витратами води р. В. Куяльник, виміряними в період весняного водопілля, наприклад, у 1995 році, коли річковий стік складав  $0,002 \text{ м}^3/\text{с}$  [1].

Таким чином, вважаємо за необхідне при розрахунках річних водних балансів Куяльницького лиману враховувати об'єм скидних вод з озер пресипу в кількості  $V_{оз} = 6,62 \cdot 10^6 \text{ м}^3$  (середнє багаторічне значення).

#### 4.3.3 Визначення побутового об'єму поверхневого припливу води

В басейні р. В. Куяльник та на інших річках і балках, які впадають в Куяльницький лиман, як відзначалося вище (див. розділ 1), існує значна кількість ставків і водосховищ – від 36 до 145 шт. [1,2,5,6], загальним об'ємом при НПГ близько  $13,0 \text{ млн. м}^3$  і площею водного дзеркала  $7,28 \text{ км}^2$  в період з 1960 по 1984 рр. та близько  $10,0 \text{ млн. м}^3$  і  $3,50 \text{ км}^2$  – з 1985 р. по теперішній час. Ці штучні водойми призначені для забезпечення водою зрошувальних систем та рибогосподарських потреб.

Отже, з урахуванням об'єму цих ставків і водосховищ та сезонного регулювання їх наповнення (в залежності від господарських потреб води впродовж року), можна бачити, що практично весь природний поверхневий стік води може затримуватися в них.

Враховуючи це, нами для розрахунку побутового поверхневого стоку води з водозбірного басейну лиману, було введено так званий коефіцієнт наповнення  $k_{wc}$  ставків і водосховищ, який дозволяє врахувати кратність наповнення всіх цих водойм і загальний об'єм забраної води  $V_{заб}$  впродовж розрахункового року.

З урахуванням об'ємів забраної води  $V_{заб}$  та об'ємів випаровування з водної поверхні ставків і водосховищ  $V_{Ec}$  в басейні лиману було обчислено побутові об'єми поверхневого припливу води  $V_{ноб}$  до Куяльницького лиману.

Результати обчислення річних об'ємів побутового поверхневого припливу води  $V_{ноб}$  в Куяльницький лиман, коефіцієнти наповнення  $k_{wc}$  ставків і водосховищ, об'єми забраної води  $V_{заб}$  та об'єми випаровування з водної поверхні ставків і водосховищ  $V_{Ec}$  в басейні лиману, а також об'єми антропогенних стоків (скидів) води з озер пересипу  $V_{оз}$ , наведені в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Річні об'єми побутового поверхневого припливу води  $V_{ноб}$

Рік	$V_r$ , МЛН. М <sup>3</sup>	$V_{оз}$ , МЛН. М <sup>3</sup>	$V_{прпр}$ , МЛН. М <sup>3</sup>	$k_{wc}$	$V_{заб}$ , МЛН. М <sup>3</sup>	$V_{Ec}$ , МЛН. М <sup>3</sup>	$V_{ноб}$ , МЛН. М <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
1960	52,65	6,62	59,27	4,1	53,30	5,84	0,13
1961	22,95	6,62	29,57	1,8	23,40	5,93	0,24
1962	24,08	6,62	30,70	1,9	24,05	6,29	0,36
1963	23,00	6,62	29,62	0,0	0,00	0,00	29,62
1964	3,83	6,62	10,45	0,0	0,00	0,00	10,45
1965	35,55	6,62	42,17	2,5	32,50	5,35	4,32
1966	72,68	6,62	79,30	5,0	65,00	5,55	8,75
1967	18,90	6,62	25,52	0,0	0,00	0,00	25,52
1968	51,98	6,62	58,60	4,0	52,00	6,00	0,60
1969	56,03	6,62	62,65	0,0	0,00	0,00	62,65
1970	117,00	6,62	123,62	9,0	117,00	5,77	0,85
1971	43,88	6,62	50,50	3,4	44,20	5,82	0,48
1972	9,23	6,62	15,85	0,0	0,00	0,00	15,85
1973	23,85	6,62	30,47	1,9	24,96	5,44	0,07
1974	21,38	6,62	28,00	1,7	22,62	5,37	0,01
1975	6,30	6,62	12,92	0,6	7,15	5,72	0,05
1976	43,65	6,62	50,27	3,5	44,85	4,90	0,52
1977	43,88	6,62	50,50	2,1	27,30	5,02	18,18
1978	34,20	6,62	40,82	1,5	18,85	4,70	17,27
1979	34,65	6,62	41,27	2,5	32,50	5,16	3,61
1980	78,30	6,62	84,92	4,0	52,00	4,91	28,01
1981	54,45	6,62	61,07	3,6	46,80	5,24	9,03
1982	7,20	6,62	13,82	0,5	6,50	5,30	2,02
1983	1,80	6,62	8,42	0,2	2,73	5,62	0,07
1984	34,65	6,62	41,27	1,2	14,95	5,49	20,83
1985	23,85	6,62	30,47	0,1	1,30	5,76	23,41
1986	17,55	6,62	24,17	2,0	20,00	3,20	0,97
1987	9,45	6,62	16,07	1,3	13,30	2,71	0,06
1988	86,18	6,62	92,80	9,0	90,00	2,50	0,30
1989	5,40	6,62	12,02	1,0	9,50	2,40	0,12
1990	32,63	6,62	39,25	3,5	35,00	2,74	1,51

Продовження табл. 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8
1991	8,55	6,62	15,17	1,0	10,00	2,38	2,79
1992	5,63	6,62	12,25	1,0	9,60	2,64	0,01
1993	11,03	6,62	17,65	1,5	15,00	2,59	0,06
1994	20,93	6,62	27,55	2,5	24,50	3,05	0,00
1995	44,55	6,62	51,17	4,8	48,20	2,91	0,06
1996	16,43	6,62	23,05	2,0	20,00	2,83	0,22
1997	86,18	6,62	92,80	9,0	90,00	2,60	0,20
1998	30,83	6,62	37,45	3,5	34,50	2,61	0,34
1999	44,33	6,62	50,95	4,8	48,30	2,56	0,09
2000	62,33	6,62	68,95	6,6	66,00	2,90	0,05
2001	33,08	6,62	39,70	3,7	36,90	2,72	0,08
2002	40,50	6,62	47,12	4,2	41,50	2,99	2,63
2003	30,00	6,62	31,15	0,0	0,00	0,00	31,15
2004	90,68	6,62	97,30	9,5	95,00	2,18	0,12
2005	28,35	6,62	34,97	3,3	32,50	2,45	0,02
2006	36,23	6,62	42,85	4,0	40,00	2,74	0,11
2007	31,95	6,62	38,57	3,5	35,00	3,37	0,20
Середнє	35,57	6,62	42,19	2,8	31,67	3,59	6,75

З табл. 4.6 видно, що у середньому природний приплив річкових вод до Куяльницького лиману ( $V_r$ ), за відсутності його регулювання у межах водозбору р. В. Куяльник та інших водотоків, становив би 35,6 млн. м<sup>3</sup>. З іншого боку, забір води на різні господарські потреби сягає у середньому 30,2 млн. м<sup>3</sup>, тобто до лиману надходить 15,2 % річкового стоку, а в окремі роки (переважно маловодні) – взагалі не надходить майже нічого.

Позитивним слід вважати те, що до лиману надходять скидні води з сусідніх озерців об'ємом до 6,62 млн. м<sup>3</sup>, щорічно. Але й у цьому випадку побутовий поверхневий приплив води ( $V_{nob}$ ) становив би лише 8,37 млн. м<sup>3</sup> або 23,5 %, порівняно з природним (незарегульованим) річковим стоком.

Часовий хід об'ємів природного і побутового стоку з басейну Куяльницького лиману ілюструється рис. 4.2.

#### 4.4 Визначення річних об'ємів випаровування з водної поверхні лиману

Середньорічні величини випаровування з поверхні Куяльницького лиману визначаються за методикою, наведеною у розділі 2 (пп. 2.2.6). Результати розрахунку річних значень випаровування ( $E_K = f(E_B, S, k_S)$ , мм) та об'ємів випаровування ( $V_{E_K}$ , млн. м<sup>3</sup>) з водного дзеркала Куяльницького лиману наведені у табл. 4.7.

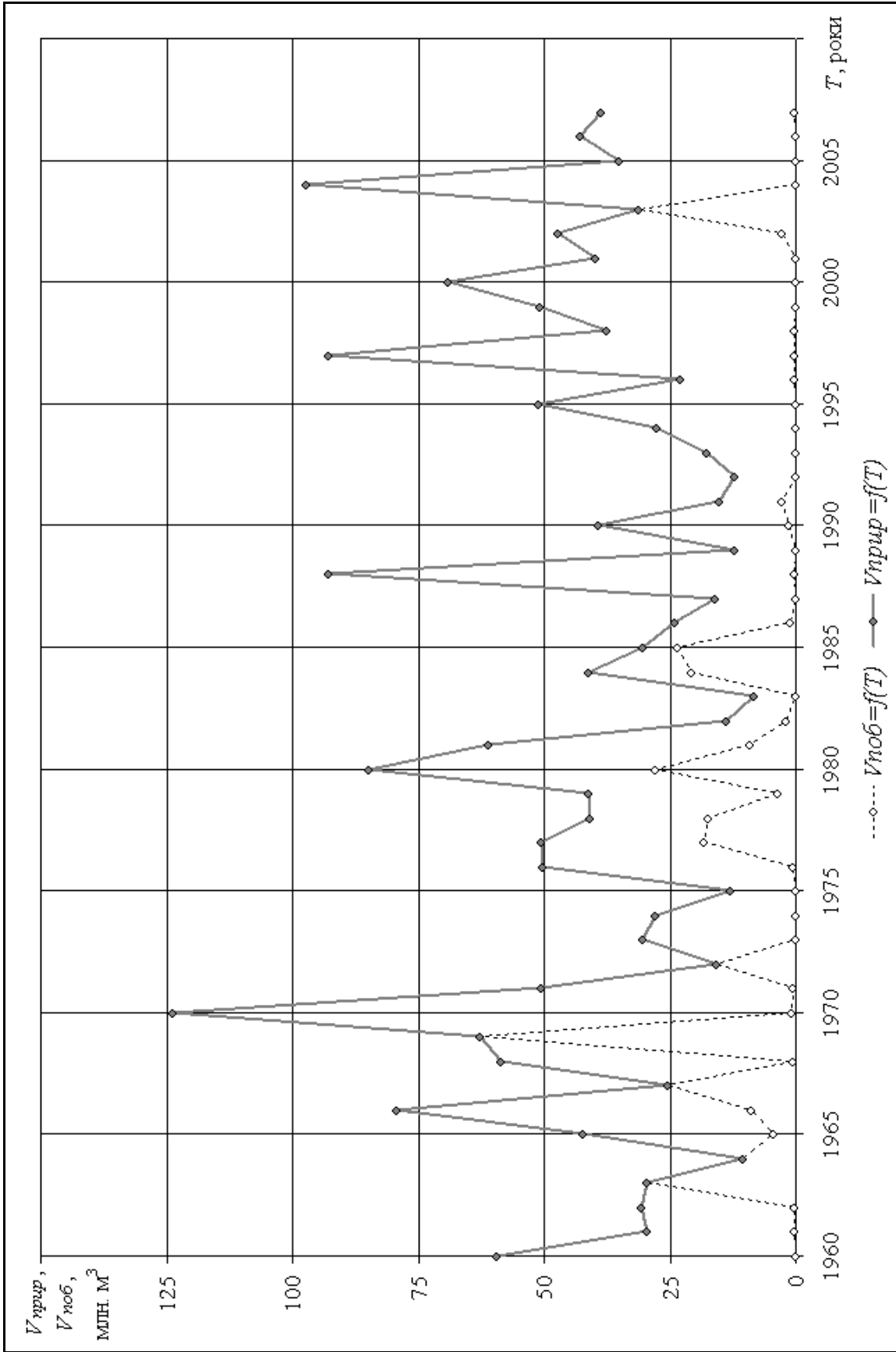


Рисунок 4.2 – Часовий хід річних об'ємів побутового  $V_{\text{прир}}$  та природного  $V_{\text{прир}}$  припливу води в Кияльницькій лиман за період з 1960 по 2007 рр.

Таблиця 4.7 – Річні об'єми випаровування з водної поверхні лиману  $V_{Ek}$ 

Рік	$E_B$ , мм	$S$ , ‰	$k_S$	$E_{K_3}$ , мм	$F_{Hcep}$ , млн. м <sup>2</sup>	$V_{Ek}$ , млн. м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7
1960	802,0	197	0,59	473,2	44,50	21,06
1961	815,0	200	0,58	472,7	44,00	20,80
1962	864,0	250	0,48	414,7	39,00	16,17
1963	840,0	190	0,60	504,0	59,00	29,74
1964	788,0	85	0,81	638,3	59,50	37,98
1965	735,0	104	0,78	573,3	57,20	32,79
1966	762,0	103	0,78	594,4	57,30	34,06
1967	835,0	87	0,81	676,4	59,10	39,98
1968	824,0	96	0,79	651,0	58,10	37,82
1969	665,0	58	0,87	578,6	63,50	36,74
1970	792,0	55	0,87	689,0	64,00	44,10
1971	800,0	61	0,86	688,0	62,90	43,28
1972	1151,0	80	0,82	943,8	61,10	57,67
1973	747,0	81	0,82	612,5	59,80	36,63
1974	738,0	102	0,78	575,6	57,40	33,04
1975	786,0	133	0,72	565,9	54,30	30,73
1976	673,0	165	0,65	437,5	49,10	21,48
1977	690,0	140	0,70	483,0	53,80	25,99
1978	645,0	114	0,76	490,2	56,20	27,55
1979	709,0	104	0,78	553,0	57,20	31,63
1980	675,0	79	0,83	560,3	60,00	33,62
1981	720,0	66	0,85	612,0	61,90	37,88
1982	728,0	62	0,86	626,1	62,90	39,38
1983	772,0	75	0,83	640,8	60,90	39,02
1984	754,0	85	0,81	610,7	59,50	36,34
1985	791,0	72	0,84	664,4	61,00	40,53
1986	914,0	74	0,84	767,8	60,80	46,68
1987	773,0	85	0,81	626,1	59,60	37,32
1988	714,0	91	0,80	571,2	58,80	33,59
1989	686,0	96	0,79	541,9	58,20	31,54
1990	782,2	95	0,79	617,9	58,40	36,09
1991	681,2	94	0,80	545,0	58,60	31,94
1992	754,6	65	0,85	641,4	53,20	34,12
1993	741,0	203	0,58	429,8	40,00	17,19
1994	871,7	241	0,50	435,9	31,80	13,86
1995	830,7	272	0,44	365,5	32,00	11,70
1996	809,3	265	0,45	364,2	27,00	9,83

Продовження табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7
1997	741,8	224	0,54	400,6	35,00	14,02
1998	745,9	200	0,58	432,6	33,00	14,28
1999	730,6	182	0,62	453,0	45,00	20,39
2000	828,6	161	0,66	546,9	50,20	27,45
2001	775,9	175	0,63	488,8	46,30	22,63
2002	855,0	150	0,68	581,4	43,50	25,29
2003	811,0	120	0,74	600,1	57,00	34,21
2004	624,0	104	0,78	486,7	57,20	27,84
2005	698,8	115	0,75	524,1	56,30	29,51
2006	783,0	135	0,71	555,9	54,40	30,24
2007	961,5	175	0,63	605,7	46,30	28,04
Середнє	775,3	128	0,73	560,7	53,04	30,50

З табл. 4.7 видно, що у середньому за період з 1960 по 2007 рр. випаровування з поверхні прісної водойми (оз. Ялпуг – м. Болград) становило 775 мм, при максимальному 1151 мм (1972 р.) і мінімальному – 624 мм (2004 р.). У той же час, розрахункове випаровування з солоного Куяльницького лиману ( $S = 128 \text{ ‰}$ ) було тільки 561 мм, при максимальному значенні 994 мм (1972 р.) і мінімальному – 364 мм (1996 р.). Співвідношення між величинами випаровування з поверхні оз. Ялпуг і лим. Куяльницького у середньому за період з 1960 по 2007 рр. дорівнювало 0,73, при максимальному – 0,87 (1969 та 1970 рр.), а найменшому – 0,45 (1996 р.).

Динаміка  $k_S$  у часі ілюструється рис. 4.3. На початку 60-х років ХХ-го століття  $k_S$  знаходились на дуже низькому рівні (до 0,50), що пояснюється початком масштабних заходів по регулюванню поверхневого стоку в басейні р. В. Куяльник і наявністю маловодних років. Після цього настав багатоводний період, який відзначався підвищеними опадами та поверхневим припливом, завдяки чому відбулося значне розсолення лиману (до  $S = 55 \text{ ‰}$  у 1970 р.) і зростанням  $k_S$  до 0,86-0,87.

Маловодні роки після 1972 р. знову призвели до зниження  $k_S$ , хоча й короткочасного. В період з 1980 по 1992 рр. річні опади коливались у значних розмірах, але все це відбувалося загалом на рівні середніх багаторічних величин опадів. І раптом з 1992 і по 1996 рр., незважаючи на виражену тенденцію до збільшення опадів, мало місце різке зниження  $k_S$  (до 0,45). Потім за тенденцією зростання опадів (до 2004 р.) відбулося й зростання  $k_S$  – до 0,78 у 2004 р.

Зменшення річних опадів і особливо у зимовий сезон, починаючи з 2005 р., призвело до зниження  $k_S$ .

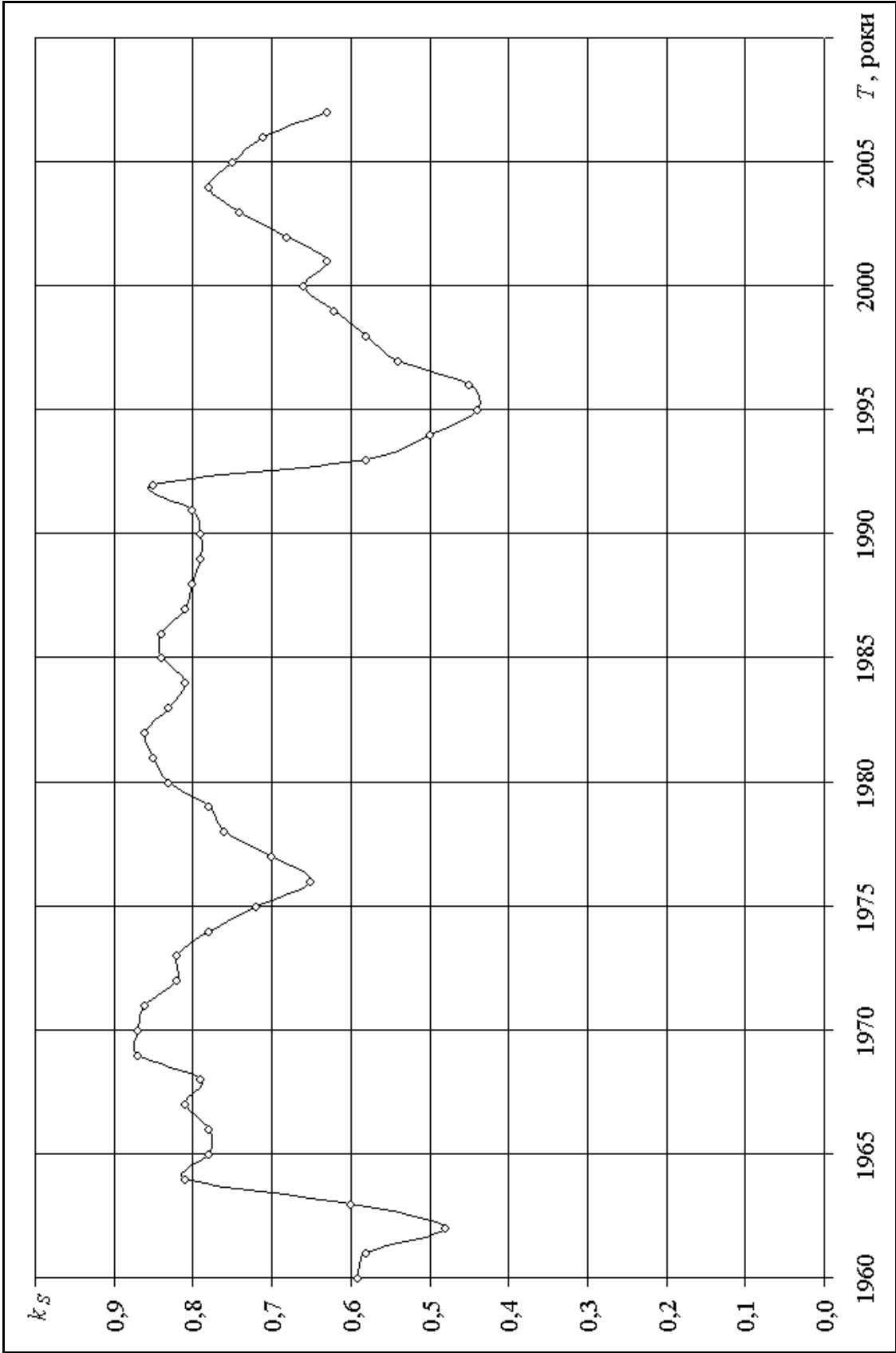


Рисунок 4.3 – Динаміка коефіцієнта  $k_s = E_K/E_B$  на пролязі 1960-2007 рр.

## 4.5 Аналіз складових водного балансу Куяльницького лиману

Результати обчислення складових рівняння (4.1) річних водних балансів Куяльницького лиману та нев'язки розрахунків з 1960 по 2007 рр. наведені в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Складові річних водних балансів Куяльницького лиману та нев'язки розрахунків, млн. м<sup>3</sup>

Рік	Прихідна частина		Витратна частина	Зміни об'єму води		Нев'язки розрахунків	
	$V_{Рк}$	$V_{поб}$	$V_{Ек}$	$\pm\Delta W_{факт}$	$\pm\Delta W_{обч}$	млн. м <sup>3</sup>	см
1	2	3	4	5	6	7	8
1960	23,14	0,13	21,06	5,0	-2,21	7,21	16
1961	17,95	0,24	20,80	8,0	2,61	5,39	12
1962	16,14	0,36	16,17	9,0	-0,33	9,33	24
1963	23,43	29,62	29,74	-79,0	-23,31	-55,69	-94
1964	16,11	10,45	37,98	12,0	11,42	0,58	1
1965	26,41	4,32	32,79	8,0	2,06	5,94	10
1966	32,91	8,75	34,06	-1,0	-7,60	6,60	12
1967	22,92	25,52	39,98	-9,0	-8,46	-0,54	-1
1968	30,11	0,60	37,82	8,0	7,11	0,89	2
1969	33,73	62,65	36,74	-69,0	-59,64	-9,36	-15
1970	40,83	0,85	44,10	6,0	2,42	3,58	6
1971	30,92	0,48	43,28	16,0	11,88	4,12	7
1972	19,89	15,85	57,67	18,5	21,93	-3,43	-6
1973	24,60	0,07	36,63	16,0	11,96	4,04	7
1974	23,05	0,01	33,04	11,0	9,98	1,02	2
1975	16,19	0,05	30,73	29,0	14,49	14,51	27
1976	24,07	0,52	21,48	3,0	-3,11	6,11	12
1977	26,76	18,18	25,99	-13,5	-18,95	5,45	10
1978	25,67	17,27	27,55	-15,5	-15,39	-0,11	0
1979	26,20	3,61	31,63	1,5	1,82	-0,32	-1
1980	35,25	28,01	33,62	-40,0	-29,64	-10,36	-17
1981	32,49	9,03	37,88	-14,5	-3,64	-10,86	-18
1982	19,37	2,02	39,38	9,0	17,99	-8,99	-14
1983	14,34	0,07	39,02	27,5	24,61	2,89	5
1984	27,25	20,83	36,34	-11,5	-11,74	0,24	0
1985	25,09	23,41	40,53	-19,0	-7,97	-11,03	-18
1986	23,16	0,97	46,68	15,0	22,55	-7,55	-12
1987	19,53	0,06	37,32	9,5	17,73	-8,23	-14
1988	35,37	0,30	33,59	-4,5	-2,08	-2,42	-4
1989	16,97	0,12	31,54	2,0	14,45	-12,45	-21
1990	26,24	1,51	36,09	0,0	8,34	-8,34	-14



Продовження табл. 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8
1991	18,77	2,79	31,94	0,0	10,38	-10,38	-18
1992	15,65	0,01	34,12	74,5	18,46	56,04	105
1993	13,54	0,06	17,19	13,0	3,59	9,41	24
1994	12,70	0,00	13,86	1,5	1,16	0,34	1
1995	15,79	0,06	11,70	4,5	-4,15	8,65	27
1996	10,10	0,22	9,83	-5,5	-0,49	-5,01	-19
1997	21,06	0,20	14,02	-2,0	-7,24	5,24	15
1998	14,64	0,34	14,28	5,0	-0,70	5,70	17
1999	22,17	0,09	20,39	-10,0	-1,87	-8,13	-18
2000	27,51	0,05	27,45	1,5	-0,11	1,61	3
2001	20,93	0,08	22,63	1,5	1,62	-0,12	0
2002	20,85	2,63	25,29	2,0	1,81	0,19	0
2003	23,73	31,15	34,21	-66,5	-20,67	-45,83	-80
2004	34,84	0,12	27,84	-0,5	-7,12	6,62	12
2005	24,34	0,02	29,51	17,0	5,15	11,85	21
2006	25,26	0,11	30,24	9,0	4,87	4,13	8
2007	20,76	0,20	28,04	38,5	7,08	31,42	68
Середнє	23,13	6,61	30,50	0,44	0,76	-0,32	0

Дані табл. 4.8 свідчать про те, що у середньому прихідна частина водного балансу Куяльницького лиману, до якої відносяться надходження опадів на його водну поверхню ( $V_{Pk}$ ) та побутовий приплив води до лиману ( $V_{ноб}$ ), становить 29,7 млн. м<sup>3</sup>. В той же час, випаровування з водної поверхні Куяльницького лиману ( $V_{Ek}$ ) сягає за той же проміжок часу (1960-2007 рр.) 30,50 млн. м<sup>3</sup>.

У підсумку, за умов регулювання поверхневого припливу на водозбірному басейні Куяльницького лиману, прихідна частина в період 1960-2007 рр. була меншою від витратної приблизно на 0,80 млн. м<sup>3</sup>. Сама по собі ця різниця невелика, але в окремі періоди вона є суттєвою, що призводить до значного зниження рівнів води у лимані та зростанню солоності, зокрема, як це мало місце у 2009 р.

Аналіз багаторічних змін значень складових річних водних балансів Куяльницького лиману за період з 1960 по 2007 рр. також можна виконати за допомогою комплексного графіку, на якому наведені відомості про часові зміни річних об'ємів атмосферних опадів, побутового припливу поверхневих вод з басейну та випаровування води з поверхні лиману (рис. 4.4). Особливістю цього комплексного графіку є те, що він свідчить про перевищення об'єму випаровування над об'ємом опадів майже у всі роки (крім 1960, 1976, 1977, 1980, 1988, 1997, 1999 та 2004). На цьому графіку також можна бачити, що річні об'єми випаровування в усі роки перевищують об'єми побутового припливу води з басейну лиману, крім 1969 р., який співпав майже з серединою багатоводного періоду, що мав місце з 1965 по 1971 рр.

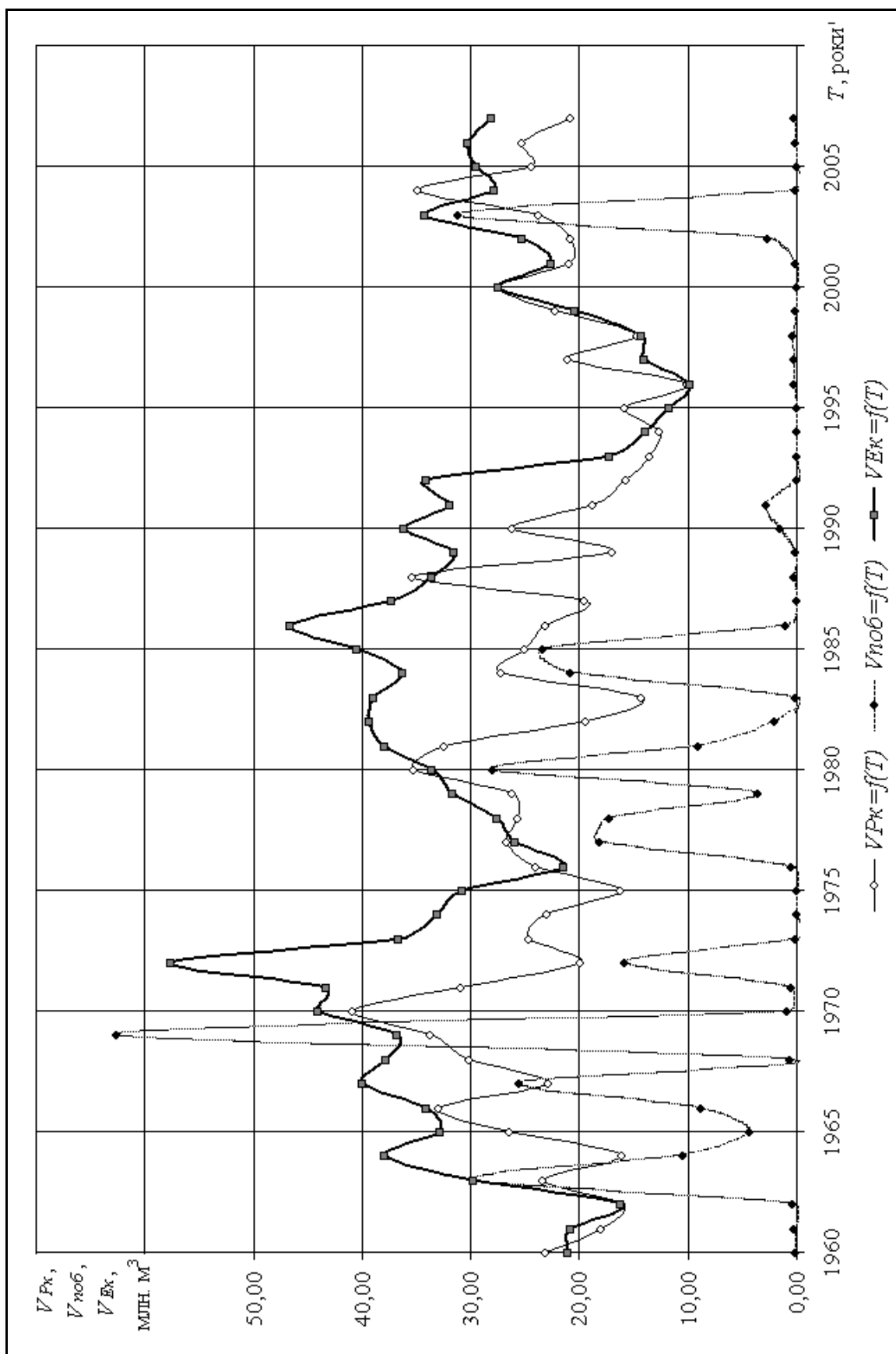


Рисунок 4.4 – Хронологічний графік багаторічних змін складових річних водних балансів Куяльницького лиману за період з 1960 по 2007 рр.

Абсолютне значення нев'язки, отримане при розрахунках річних водних балансів Куяльницького лиману, в середньому дорівнює 0,32 млн. м<sup>3</sup> або величині менше 1 см, тобто в межах точності вимірювання рівня води на водомірному посту. Величина майже всіх нев'язок за період з 1960 по 2007 рр. (крім аномальних за водністю 1963, 1992, 2003 та 2007 рр.) коливається від мінус 40 до 40 см. При цьому слід звернути увагу на те, що їхня величина багато в чому залежить від ступеня надійності використаних даних по атмосферних опадах, які взяті по м/ст. Одеса – ГМО, причому не лише для лиману, але і його водозбору, площею близько 2250 км<sup>2</sup>. Крім того, не зовсім вдалим є місцеположення в/п Одеса – лим. Куяльницький, бо він знаходиться у нижній частині водойми (безпосередньо у правого берега), а тому не відображає середнього рівня води у лимані при всіх румбах напрямку вітру, коливання якого під час змінно-нагінних явищ може сягати 40 см і більше.

Фактичні  $H_f$  та можливі природні  $H_{np}$  (за умов відсутності регулювання поверхневого припливу води на басейні) рівнів води Куяльницького лиману за період з 1960 по 2007 рр. наведені в табл. 4.9 та ілюструються на рис. 4.5. Порівнюючи часовий хід фактичних  $H_f$  та можливих природних  $H_{np}$  рівнів води, можна бачити, що за умов відсутності регулювання поверхневого припливу води на водозбірному басейні Куяльницького лиману, величина  $H_{np}$  на протязі майже всього періоду (1960-2007 рр.) перевищує  $H_f$  в середньому на 180 см, а середньорічне значення рівня у 2007 р. могло б бути близько 631 см.

З урахуванням цього можна рекомендувати для підтримки водного та сольового режиму Куяльницького лиману лише варіант упорядкування регулювання поверхневого припливу води на басейні водойми. Пропозиції щодо сполучення лиману та Чорного моря не бажані і, є навіть помилковими, бо це буде призводити до збільшення солоності води у лимані, а вона й так вже занадто висока. При обґрунтуванні регулювання водно-сольового режиму водойми необхідно враховувати, що нижня, сприятлива для бальнеологічних цілей, межа солоності складає 50 ‰, яка встановлюється при рівні води в лимані 35-40 ‰ забезпеченості, тобто від мінус 4,00 до мінус 5,00 м БС [1].

Таблиця 4.9 – Середньорічні фактичні  $H_f$  та природні  $H_{np}$  рівні води Куяльницького лиману (см, над «0» графіка поста) за 1960-2007 рр.

Рівні води Рік	$H_{f-1}$ , см	$H_{f-2}$ , см	$H_{f-сер}$ , см	$H_{np-1}$ , см	$H_{np-2}$ , см	$H_{np-сер}$ , см
1	2	3	4	5	6	7
1960	98	86	84	98	136	117
1961	87	66	82	136	124	130
1962	66	38	55	124	109	117
1963	40	204	199	109	93	101
1964	204	182	203	93	46	70
1965	182	163	174	46	63	55
1966	164	165	176	63	135	99

Продовження табл. 4.9

1	2	3	4	5	6	7
1967	165	184	200	135	114	125
1968	185	169	186	114	148	131
1969	169	284	275	148	205	177
1970	284	276	289	205	336	271
1971	275	250	264	336	360	348
1972	249	218	232	360	289	325
1973	217	188	211	289	285	287
1974	190	168	177	285	278	282
1975	167	113	140	278	237	258
1976	116	108	110	237	273	255
1977	109	131	133	273	309	291
1978	130	162	162	309	333	321
1979	164	160	174	333	351	342
1980	156	232	216	351	440	396
1981	233	257	245	440	489	465
1982	255	240	260	489	456	473
1983	241	193	224	456	405	431
1984	193	196	203	405	419	412
1985	196	229	230	419	411	415
1986	229	203	225	411	380	396
1987	203	185	204	380	347	364
1988	185	194	194	347	443	395
1989	194	192	186	443	410	427
1990	192	192	188	410	417	414
1991	191	190	189	417	392	405
1992	190	89	131	392	353	373
1993	89	62	80	353	327	340
1994	63	46	54	327	306	317
1995	49	21	56	306	328	317
1996	23	51	40	328	305	317
1997	54	74	65	305	399	352
1998	72	39	59	399	407	403
1999	38	110	96	407	439	423
2000	109	102	113	439	489	464
2001	105	94	101	489	498	494
2002	101	84	92	498	511	505
2003	84	171	170	511	502	507
2004	171	173	174	502	614	558
2005	173	138	160	614	623	619
2006	138	123	138	623	636	630
2007	121	88	101	636	625	631
Середнє	152	152	161	335	346	340

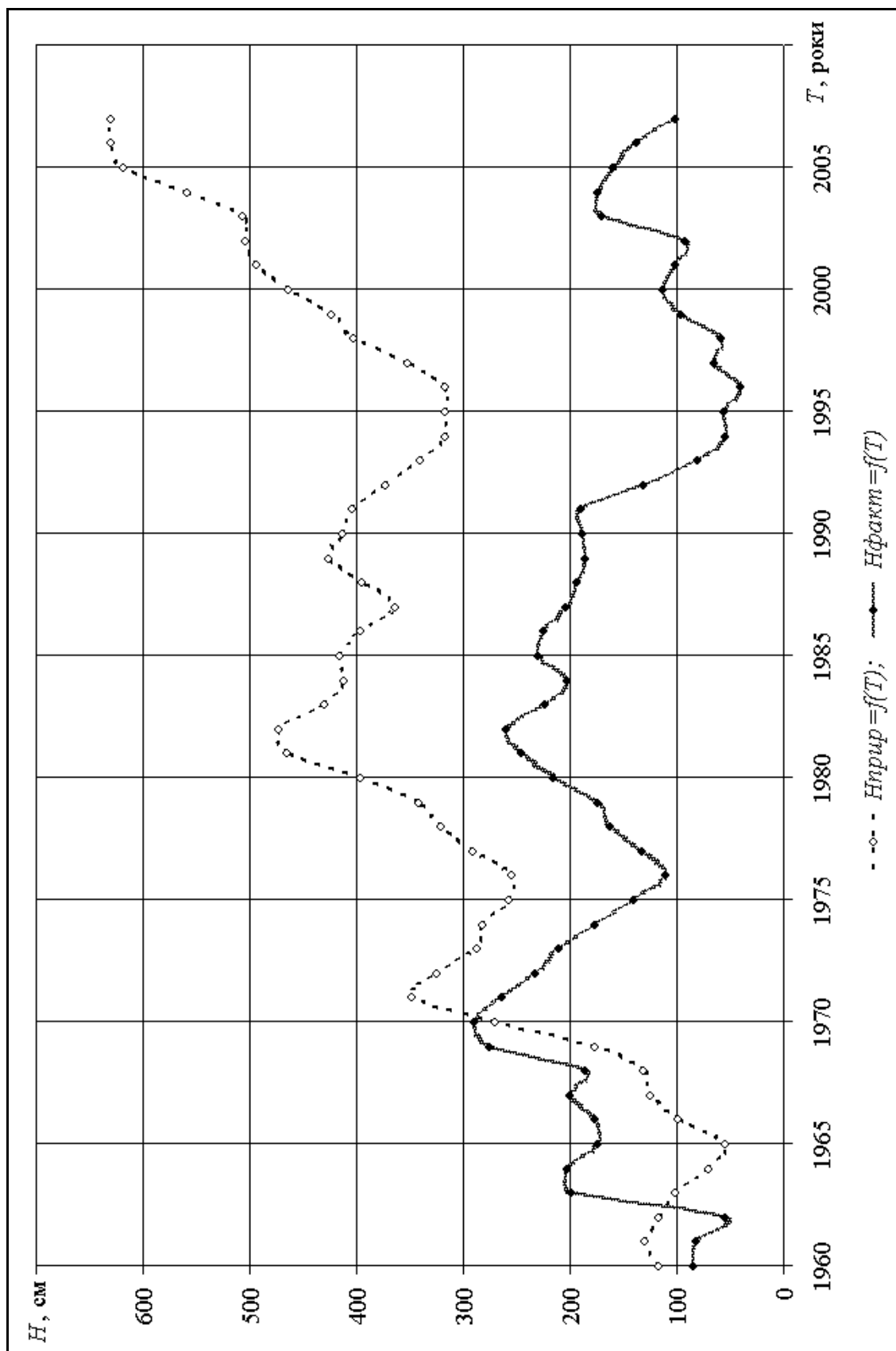


Рисунок 4.5 – Часовий хід фактичних  $H_{ф}$  та можливих природних  $H_{пр}$  рівнів води Куяльницького лиману за період з 1960 по 2007 р.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання науково-дослідної роботи можна зробити наступні висновки:

1. У багаторічному ході річних рівнів Куяльницького лиману можна відзначити циклічність, що полягає в чергуванні підйомів і спадів рівня відносно середньорічного його значення. У багаторічному ході рівня води лиману можна виділити такі періоди: 1860-1895 рр. – період, протягом якого рівень лиману підвищився в середньому з мінус 50 до 200 см; 1895-1930 рр. – коливання рівня води біля 100 см; 1930-1945 рр. – значне підвищення рівня до 500 см, пов'язане з проривом дамби та надходженням води з Хаджибейського лиману; 1945-1960 р. – зниження рівня до 100 см; 1960-1990 рр. – коливання рівня біля 180 см; 1990 до 2008 рр. – зниження рівня води до 100 см та нижче – до рівня близько 60 см (2009 р.). Однією з суттєвих причин такого ходу рівнів води є регулювання стоку р. В. Куяльник (починаючи з 1960 р.) значною кількістю ставків і водосховищ, призначених для забезпечення водою зрошувальних систем та рибогосподарських потреб. Ці ємності регулювання майже відповідають нормі річного стоку, не кажучи вже про маловодні роки, коли весь стік буде затримуватись у ставках і водосховищах.

2. Встановлено, що солоність води Куяльницького лиману тісно пов'язана з водним режимом водойми. Побудована емпірична залежність солоності  $S$  від рівня води  $H$  в лимані, яка дозволяє отримати фоновий прогноз солоності води лиману по рівню води на водпосту Одеса – лим. Куяльницький. Також за літературними джерелами з'ясовано, що нижня, сприятлива для бальнеологічних цілей, межа солоності 50 ‰ встановлюється при рівні води в лимані 35-40 ‰ забезпеченості – від мінус 4,00 до мінус 5,00 м БС. Під час експедиційних досліджень на Куяльницькому лимані (2009 р.) солоність води склала в середньому по водоймі 390 ‰, а в гирлі р. В. Куяльник – 7,70 ‰.

3. В результаті натурних експедиційних досліджень Куяльницького лиману в липні-серпні 2009 р. виконані розрахунки та одержані висновки про замулення чаші водойми – у сучасний період (з 1975 по 2009 рр.) об'єм лиману за рахунок замулення та внутрішнього перерозподілу донних відкладів в області мінімальних рівнів води (менше мінус 6,50 м БС) зменшився на 13,0 млн. м<sup>3</sup>, а середня інтенсивність замулення лиману за останні три десятиріччя становить 0,38 млн. м<sup>3</sup> на рік.

4. Встановлено, що прихідна частина водного балансу Куяльницького лиману формується за рахунок атмосферних опадів  $V_{Pk}$ , які випали на водну поверхню лиману у вигляді дощу або снігу, та води  $V_{ноб}$ , що надійшла в лиман за рік з річковим (поверхневим, схиловим і підземним) стоком  $V_r$  та скинута з озер пересипу  $V_{оз}$ . Витратна частина водного балансу Куяльницького лиману формується тільки за рахунок випаровування з водної поверхні водойми  $V_{Ek}$ . Частину в загальній величині припливу поверхневих вод в лиман складають антропогенні стоки (скиди) води з озер пересипу  $V_{оз}$ , річний об'єм яких може сягати 6,62 млн. м<sup>3</sup>, тому вважаємо за необхідне при розрахунках річних водних

балансів Куяльницького лиману враховувати об'єм скидних вод з озер пресипу в кількості  $V_{оз} = 6,62 \cdot 10^6 \text{ м}^3$  (середнє багаторічне значення).

5. В басейні р. В. Куяльник та на інших річках і балках, які впадають в Куяльницький лиман, існує значна кількість ставків і водосховищ – від 36 до 145 шт. [1,2,5,6], загальним об'ємом при НПП близько 13,0 млн.  $\text{м}^3$  і площею водного дзеркала 7,28  $\text{км}^2$  (в період з 1960 по 1984 рр.) та близько 10,0 млн.  $\text{м}^3$  і 3,50  $\text{км}^2$  – з 1985 р. по теперішній час. У середньому природний приплив річкових вод до Куяльницького лиману  $V_r$ , за відсутності його регулювання у межах водозбору р. В. Куяльник та інших водотоків, становив би 35,6 млн.  $\text{м}^3$ . З іншого боку, забір води на різні господарські потреби становить у середньому 30,2 млн.  $\text{м}^3$ , тобто до лиману надходить лише 15,2 % річкового стоку, а в окремі роки (переважно маловодні) – взагалі не надходить майже нічого. Позитивним слід вважати те, що до лиману надходять скидні води з сусідніх озерців об'ємом до 6,62 млн.  $\text{м}^3$ , щорічно, але й у цьому випадку побутовий поверхневий приплив води  $V_{ноб}$  становив лише 8,37 млн.  $\text{м}^3$  або 23,5 %, порівняно з природним (незарегульованим) річковим стоком.

6. Випаровування з солоного Куяльницького лиману ( $S_{сер} = 128 \text{ ‰}$ ) у середньому за період з 1960 по 2007 рр. було 561 мм, при максимальному значенні 994 мм (1972 р.) і мінімальному – 364 мм (1996 р.). Співвідношення між величинами випаровування з поверхні прісного озера Ялпуг і солоного лиману Куяльницького у середньому з 1960 по 2007 рр. дорівнювало 0,73, при максимальному – 0,87 (1969 та 1970 рр.), а найменшому – 0,45 (1996 р.).

7. Прихідна частина водного балансу Куяльницького лиману, до якого відносяться надходження опадів на його водну поверхню ( $V_{Рк}$ ) та побутовий приплив води до лиману ( $V_{ноб}$ ), у середньому становить 29,7 млн.  $\text{м}^3$ . В той же час, випаровування з водної поверхні лиману ( $V_{Ек}$ ) сягає за той же проміжок часу (1960-2007 рр.) 30,50 млн.  $\text{м}^3$ . У підсумку, за умов регулювання поверхневого припливу на водозбірному басейні Куяльницького лиману, прихідна частина в період 1960-2007 рр. була меншою від витратної приблизно на 0,80 млн.  $\text{м}^3$ . Сама по собі ця різниця невелика, але в окремі періоди вона є суттєвою, що призводить до значного зниження рівнів води у лимані та зростанню солоності, зокрема, як це мало місце у 2009 р.

8. Особливістю водних балансів Куяльницького лиману за період з 1960 по 2007 рр. є перевищення об'єму випаровування над об'ємом опадів майже у всі роки (крім 1960, 1976, 1977, 1980, 1988, 1997, 1999 та 2004). Також річні об'єми випаровування в усі роки перевищують об'єми побутового припливу води з басейну лиману, крім 1969 р., який співпав майже з серединою багатоводного періоду, що мав місце з 1965 по 1971 рр.

9. Абсолютне значення нев'язок, отриманих при розрахунках річних водних балансів Куяльницького лиману, в середньому дорівнює 0,32 млн.  $\text{м}^3$ , що відповідає величині рівня води менше 1 см (тобто в межах точності вимірювання рівня води на водомірному посту). Величина майже всіх нев'язок за період з 1960 по 2007 рр. (крім аномальних за водністю 1963, 1992, 2003 та 2007 рр.) коливається від мінус 40 до 40 см. При цьому, слід звернути увагу на те, що їхня величина багато в чому залежить від ступеня надійності

використаних даних по атмосферних опадах, які взяті по м/ст. Одеса – ГМО, причому не лише для лиману, але і його водозбору, площею близько 2250 км<sup>2</sup>. Крім того, не зовсім вдалим є місцеположення в/п Одеса – лим. Куяльницький, бо він знаходиться у нижній частині водойми (безпосередньо у правого берега), а тому не відображає середнього рівня води у лимані при всіх румбах напрямку вітру, коливання якого під час згінно-нагінних явищ може сягати 40 см і більше.

10. Порівнюючи часовий хід фактичних рівнів води  $H_f$  та можливих природних  $H_{np}$ , можна бачити, що за умов відсутності регулювання поверхневого припливу води на водозбірному басейні Куяльницького лиману, величина  $H_{np}$  на протязі майже всього періоду (1960-2007 рр.) перевищує  $H_f$  в середньому на 180 см, а середньорічне значення рівня у 2007 р. могло б бути близьким до 631 см.

11. Головним висновком є те, що для відновлення та подальшої підтримки водного і сольового режиму Куяльницького лиману та його екологічного стану можна рекомендувати лише варіант упорядкування регулювання поверхневого припливу води на басейні водойми. Пропозиції щодо сполучення лиману та Чорного моря не бажані та, є навіть помилковими, бо це буде призводити до збільшення солоності води у лимані, а вона й так вже занадто висока. При обґрунтуванні регулювання водно-сольового режиму водойми необхідно враховувати, що нижня, сприятлива для бальнеологічних цілей, межа солоності складає 50 ‰, яка встановлюється при рівні води в лимані 35-40 ‰ забезпеченості, тобто від мінус 4,00 до мінус 5,00 м БС [1].

12. Виконавці проекту вважають, що необхідно у найближчі роки, враховуючи статус басейну Куяльницького лиману як можливого національного природного парку, виконати наступні дослідження:

- обґрунтувати експлуатаційні відмітки НПР, які б забезпечили його екологічно-задовільний стан;
- провести гідрографічне обстеження усіх ставків і водосховищ, які знаходяться у межах басейну лиману;
- упорядкувати організацію водомірних постів таким чином, щоб незалежно від тих чи інших напрямків вітру, можна було б забезпечити надійне визначення середніх рівнів води у лимані;
- розробити програму гідрометеорологічного і екологічного моніторингу та запровадити його не лише у межах акваторії лиману, але й на басейні.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Геоэкологический анализ ситуации и разработка схем мероприятий по улучшению водно-солевого режима Куяльницкого лимана: Отчёт о НИР. Од. гос. ун-т им. И.И. Мечникова. – Одесса, 1995. – 190 с.
2. Паспорт реки Большой Куяльник. – Одесса: Госкомводхоз Украины, 1992. – 130 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Т. 6. Вып. 1. Зап. Украина и Молдавия. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 882 с.
4. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.
5. Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б.И. Стрельца. – К.: Урожай, 1987. – 304 с.
6. Отчет по изучению водного баланса Куяльницкого лимана. – Одесса, ОГМИ, 1965. – 150 с.
7. Лиманы Северного Причерноморья / Полищук В.С., Замриборщ Ф.С., Тимченко В.М. и др. – К.: Наук. думка, 1990. – 204 с.
8. Вырижковский В.К., Плащев А.В., Чекмарев Г.А. Геология шельфа УССР. Лиманы. – К.: 1984. – 176 с.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Крым. – Т. 6. – Вып. 4. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 347 с.
10. Бобров С.Н. К вопросу об испарении морской воды в зависимости от её солёности // Труды института океан. – Т. XXXVII. – 1960. – 183 с.
11. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с.
12. Техническое дело гидрологического поста Одесса на водном объекте лиман Куяльницкий. – Одесса: Гидрометцентр Чорного и Азовского морей, 2008. – 20 с.
13. Бурксер Е.С. Одесские лиманы (гидрохимические исследования). Серия петрографии, минералогии и геохимии. – 1953. – Вып. 2. – 143 с.
14. Энан А.А., Шихалеева Г.Н., Бабинец С.К., Кирюшкина А.Н. Экологическое состояние природной среды лиманно-морского курортного комплекса «Куяльник-Лузановка» и водной экосистемы Куяльницкого лимана. Перспективы развития // Матер. всеукр. наук.-практ. конф. "Екологія міст та рекреаційних зон". – 2009. – С. 216-221.
15. Энан А.А., Шихалеева Г.Н., Адобовський В.В., Бабинец С.К., Чурсина О.Д. Современное гидроэкологическое состояние Куяльницкого лимана (Северо-Западное Причерноморье) // Зб. наук. ст. / За загальн. ред. В.М. Небрата – Одеса: "ІНВАЦ", 2009. – С. 247-249.
16. Гопченко Є.Д., Гриб О.М., Белов В.В., Гриб К.О., Медведєва Ю.С. Аналіз сучасних морфометричних та деяких фізико-хімічних характеристик лиману Куяльник // Зб. наук. ст. / За загальн. ред. В.М. Небрата. – Одеса: «ІНВАЦ», 2009. – С. 63-65.

17. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоёмов Украины. – К.: Наук. думка, 2006. – 384 с.

18. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, 1936-2006 гг. – Ч. 1 и 2. – Том 2. – Вып. 1. – 1938-2008.

19. Данные суточного разрешения по температуре воздуха и осадкам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cliware.ru>.

20. Голченко Е.Д., Романчук М.Е., Казанкова Т.В. К оценке притока поверхностных вод в Хаджибейский и Куяльницкий лиманы // Тезисы международного симпозиума. – Одесса, 1996. – С. 132.