

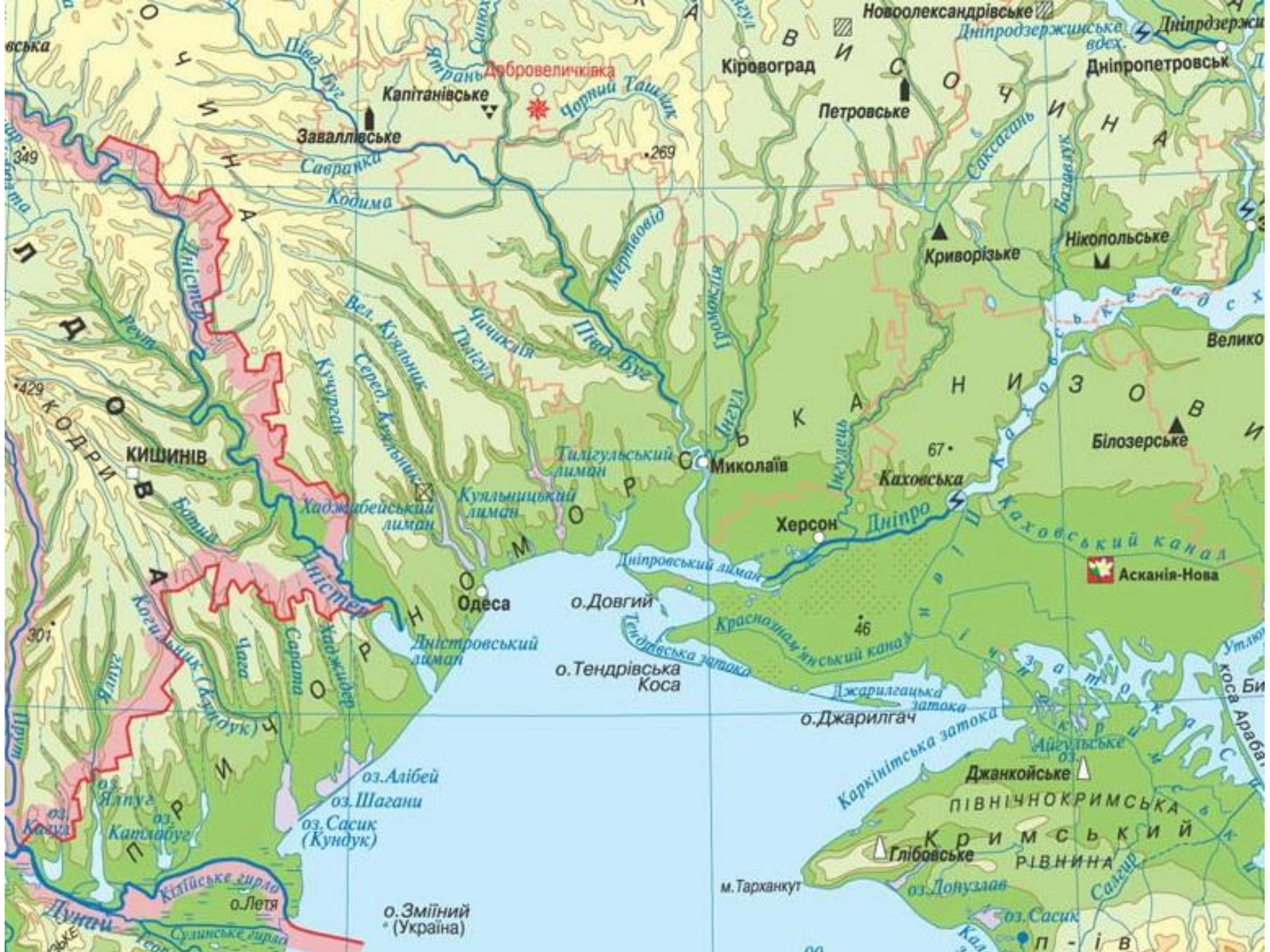
ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ, В СУЧАСНОСТІ ТА ЗА СЦЕНАРІЯМИ

Лобода Н.С. , д.геогр.н.
проф. каф. гідрології суші
ОНУ імені І.І.Мечникова

- Водні ресурси – обсяги поверхневих, підземних і морських вод, які можуть бути використані для різних цілей господарської діяльності людини
- Інтегральною характеристикою прісних водних ресурсів є середній багаторічний річний стік
- Внутрішній річковий стік України становить 50,1 куб. км
- Зовнішній приплив річного стоку дорівнює 120,2 куб. км

Рівень водного стресу

- *У загальному випадку рівень водного стресу* визначається як співвідношення забору прісної води до всіх загальнодоступних відновлюваних ресурсів поверхневих вод в країні.
- **Водний дефіцит** розглядається як нестача запасів прісної води для забезпечення потреб населення в питній воді необхідної якості.
- Сьогодні рівень водного стресу в Україні невисокий і дорівнює 13 %.
- Вже у 2010 році південні області України мали категорію **«сильна нестача води»**. У прогнозах на 2050 рік зазначено, що більшість великих міст і південно-східні області нашої країни мають категорію **«від нестачі до дефіциту води»** (UN Water). **Рівень водного стресу 61-75%** означає, що виявлено сильний дефіцит води.

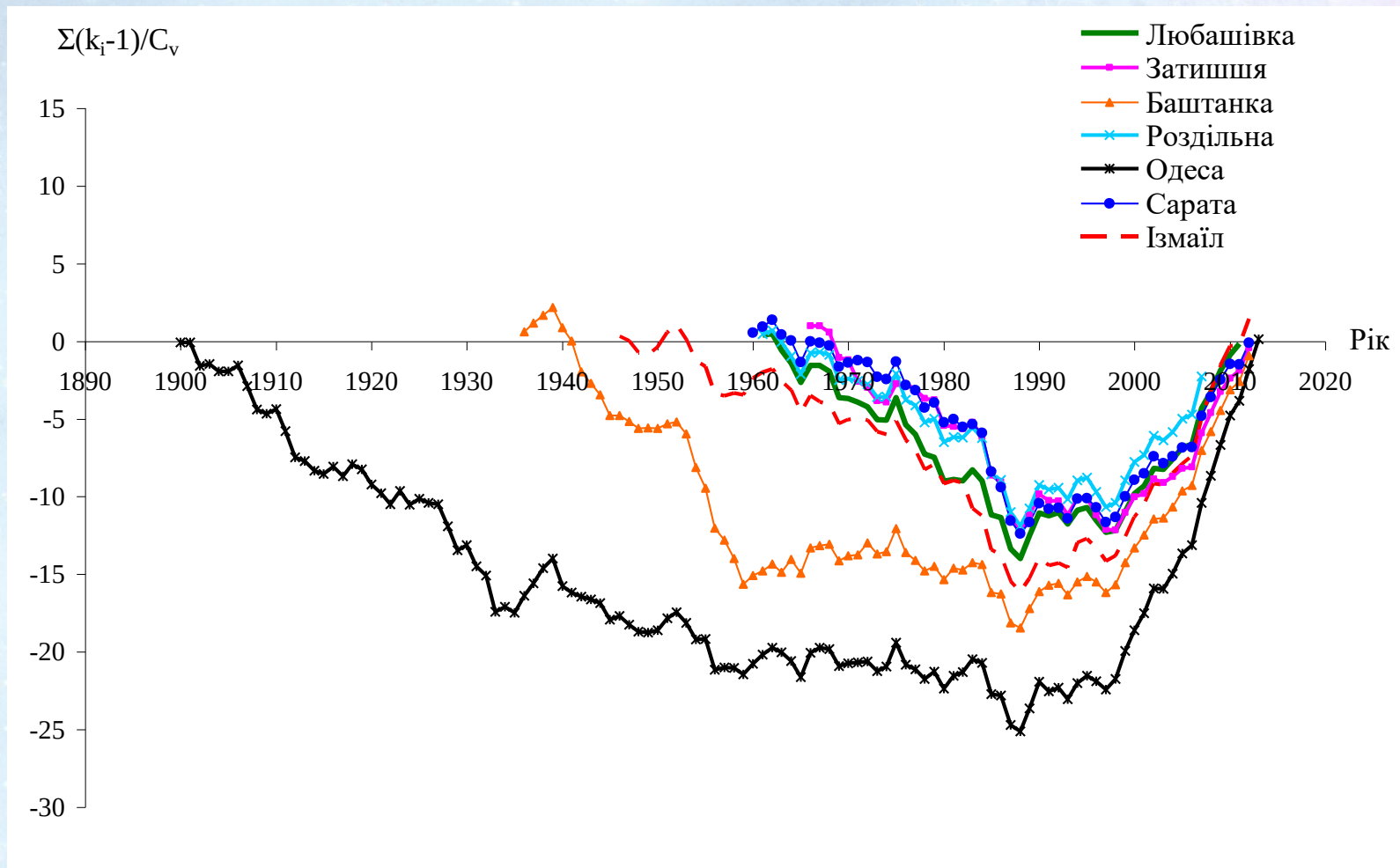


Характерні риси річок Північно-Західного Причорномор'я

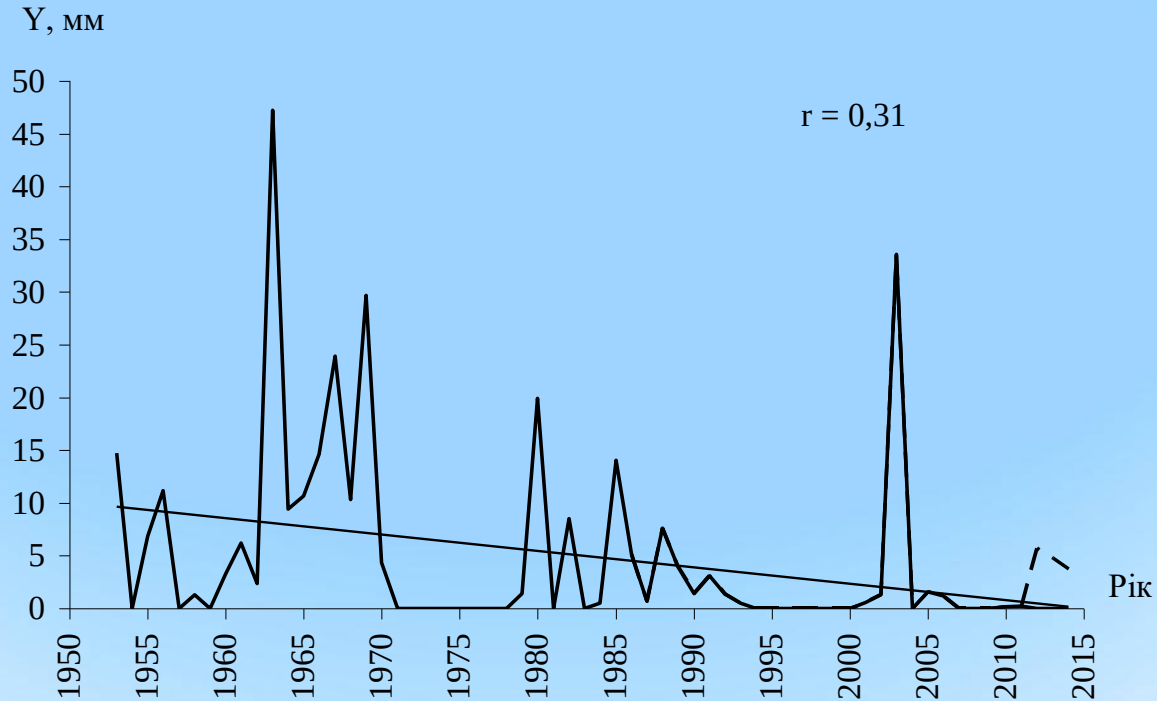
- Малі та середні річки, які знаходяться в зоні недостатньої водності.
- Внесок підземного живлення у формування сумарного стоку становить менше 5%.
- Основна частина природного стоку формується у період весняного водопілля.
- Недостатня гідрологічна вивченість.
- Стік річок практично повністю перетворений водогосподарською діяльністю (побутовий або трансформований стік). Річок з непорушеними природними умовами формування стоку практично не існує.
- Основними чинниками водогосподарської діяльності були: зрошування земель за рахунок місцевого стоку; зрошування земель за рахунок річок-донорів ; регулювання стоку штучними водоймами.
- Основним чинником водогосподарської діяльності залишилися — акумуляція поверхневого стоку у штучних водоймах. Коефіцієнт

Зміни гідрометеорологічного режиму Північно-Західного Причорномор'я в умовах глобального потепління

- Зростання температур повітря на фоні майже незмінних опадів
- Зменшення водних ресурсів малих та середніх річок Північно-Західного Причорномор'я
- Зростання тривалості часу пересихання річок
- Зменшення максимального стоку весняних водопіль
- Зростання випаровування з водної поверхні штучних водойм
- Зростання випаровування з поверхні суші
- Зростання дефіциту водного балансу закритих лиманів
- Зниження рівнів води у закритих лиманах, зменшення об'єму, зростання солоності закритих лиманів
- Погіршення якості вод



Різницеві інтегральні криві річних значень температур повітря на метеостанціях Північно-Західного Причорномор'я 1989 рік розглядається як переламний



Хронологічний хід річних шарів стоку Y у створі р.В.Куяльник – с.Северинівка за період 1953-2014 рр. на графіку показана лінія тренду

1953-1988 рр. $Y_{\text{сер}} = 7,50$ мм; 1989-2014рр. - $Y_{\text{сер}} = 1,88$ мм

Зменшення стоку становить 75%

Наслідки змін клімату на початку ХХІ ст. у поєднанні із водогосподарською діяльністю :

Зменшення припливу
прісних вод від водотоків до
лиману через всихання річок
(річка Довбока, яка впадає в
Куяльницький лиман).





Наслідки зменшення водних ресурсів Північно-Західного Причорномор'я

1) зменшення об'ємів води у лиманах та їх обміління

Зменшення рівня води у Тилігульському лимані влітку 2015р.





Наслідки:

2) погіршення гідроекологічного режиму лиманів

- ☐ За рахунок зменшення об'ємів вод лиманів зростає їх солоність, концентрації біогенних речовин.
- ☐ У лиманах відбувається акумуляція солей, які надходять з моря, та біогенних елементів, які приходять із водним стоком з водозбору.
- ☐ Зростає первинна продукція органічної речовини (фітопланктон та макрофіти), на розкладання яких використовується розчинений кисень, розвивається гіпоксія та анексія вод, утворюються “задух, спостерігається евтрофікація водойм.
- ☐ При низьких рівнях води у лиманах, в результаті висихання та зникнення прбережних мілководь, зменшується площа кормових ділянок для деяких видів птахів, зростає доступність гніздувань для наземних хижаків.
- ☐ Через зміну солоності лиманів змінюється склад водної флори та фауни.



- Куяльницький лиман. Зростання солоності ропи з 108‰ до 300 ‰ і вище. (Починаючи з 2009р. мінералізація стала перевищувати значення 300 г/дм³, досягаючи значень 340—420 г/дм³ у період 2009—2014 рр.).
- Вітрове винесення солі з оголеного дна лиману.
- Процеси накопичення солей у донних відкладах. (У жовтні-грудні 1992 р. мінералізація води у лимані перевищила граничне значення 200 г/дм³, при якому деякі розчинені солі стали кристалізуватися та випадати в осад на дно лиману.)
- Припинення процесу формування пелоїдів в лимані.
- Із біоти лиману у 2009 році зник зяброногий рачок *Artemia salina*.



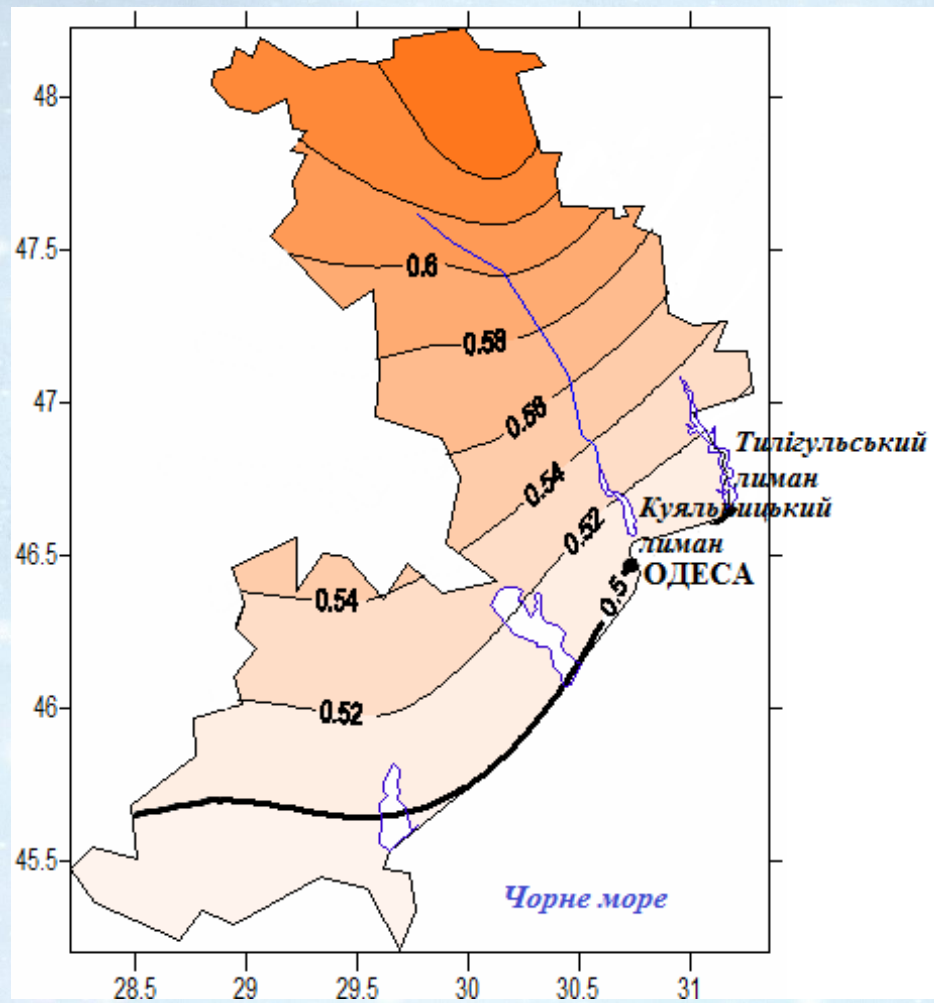
Характеристикою посушливості території може слугувати співвідношення між ресурсами вологи і тепла:

$$\beta_X = \frac{\overline{X}}{\overline{E_m}}, \quad (17)$$

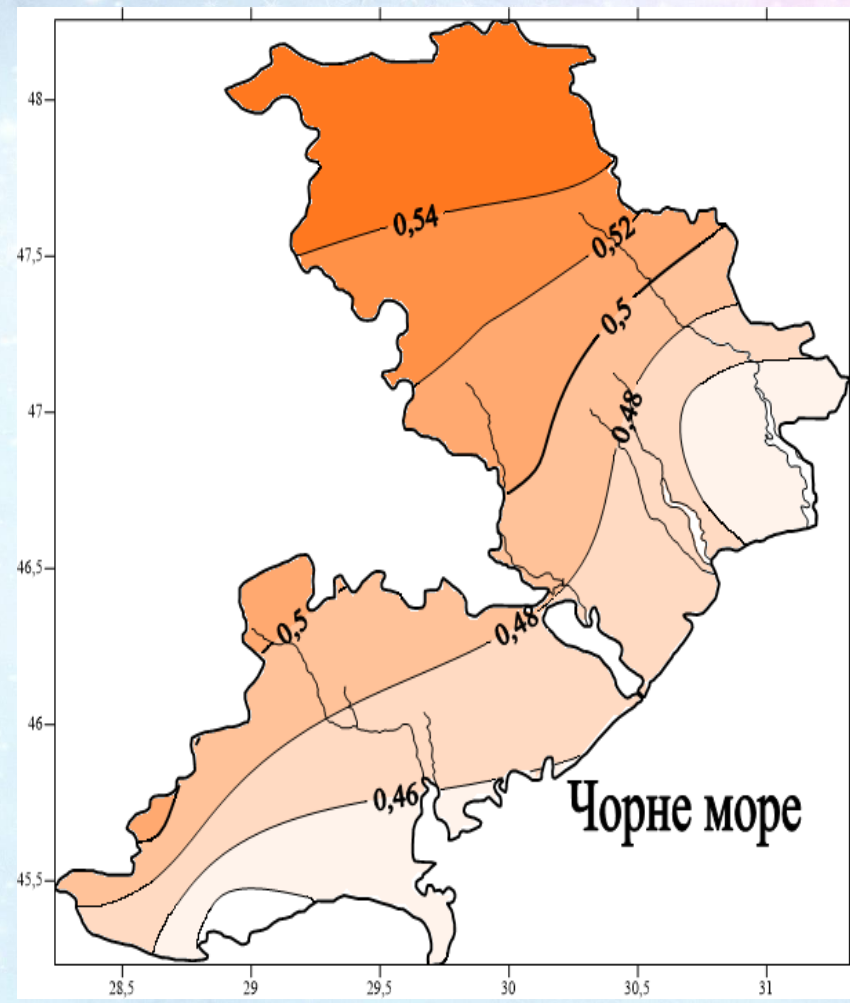
де $\overline{X}$ - середнє багаторічне значення річних опадів, мм; $\overline{E_m}$ - середнє багаторічне значення максимально можливого випаровування, мм.

- $\beta_X \geq 1,00$ - зона надмірного зволоження,
- $0,80 < \beta_X < 1,00$ - зона достатнього зволоження,
- $0,50 \leq \beta_X < 0,80$ - зона недостатнього зволоження,
- $0,20 < \beta_X < 0,50$ - напіваридна зона,
- $0,03 < \beta_X < 0,20$ - аридна зона,
- $\beta_X < 0,03$ - гіпераридна зона.

Територія Північно-Західного Причорномор'я відноситься до зони недостатнього зволоження.



Просторовий розподіл показника посушливості/зволоженості β_X на території Північно-Західного Причорномор'я за період до 1989р.



Просторовий розподіл показника посушливості/зволоженості β_X на території Північно-Західного Причорномор'я за період **1990-2018** рр.

Показники впливу штучних водойм на водні ресурси р.Великий Куяльник

Річка	$\overline{W}_{PR}$, млн.м ³	Повний об'єм штучних водойм за даними спостережень, млн. м ³	Коефіцієнт акумуляції	Вільний стік, млн.м ³
р.В.Куяльник	20,4	15,6	0.76	4,8
р. Кошківка	3,50	5,05*	1.44	0,0
б. Силівка	1,53	3,07*	2.00	0,0
р.Суха Журівка	3,29	2,27	0.69	1,02
Верхів'я р. В.Куяльник	7,85	1,27	0.16	6,58
р. В.Куяльник (Силівка–Суха Журівка)	3,41	4,32*	1.27	0,0

Аналізуючи сучасні супутникових знімки басейну
(програми Google Earth, Google Maps)
виявлено додатково 74 штучних водойм

р. Великий Куяльник 13

р. Кошкова – 6

б. Силівка – 9

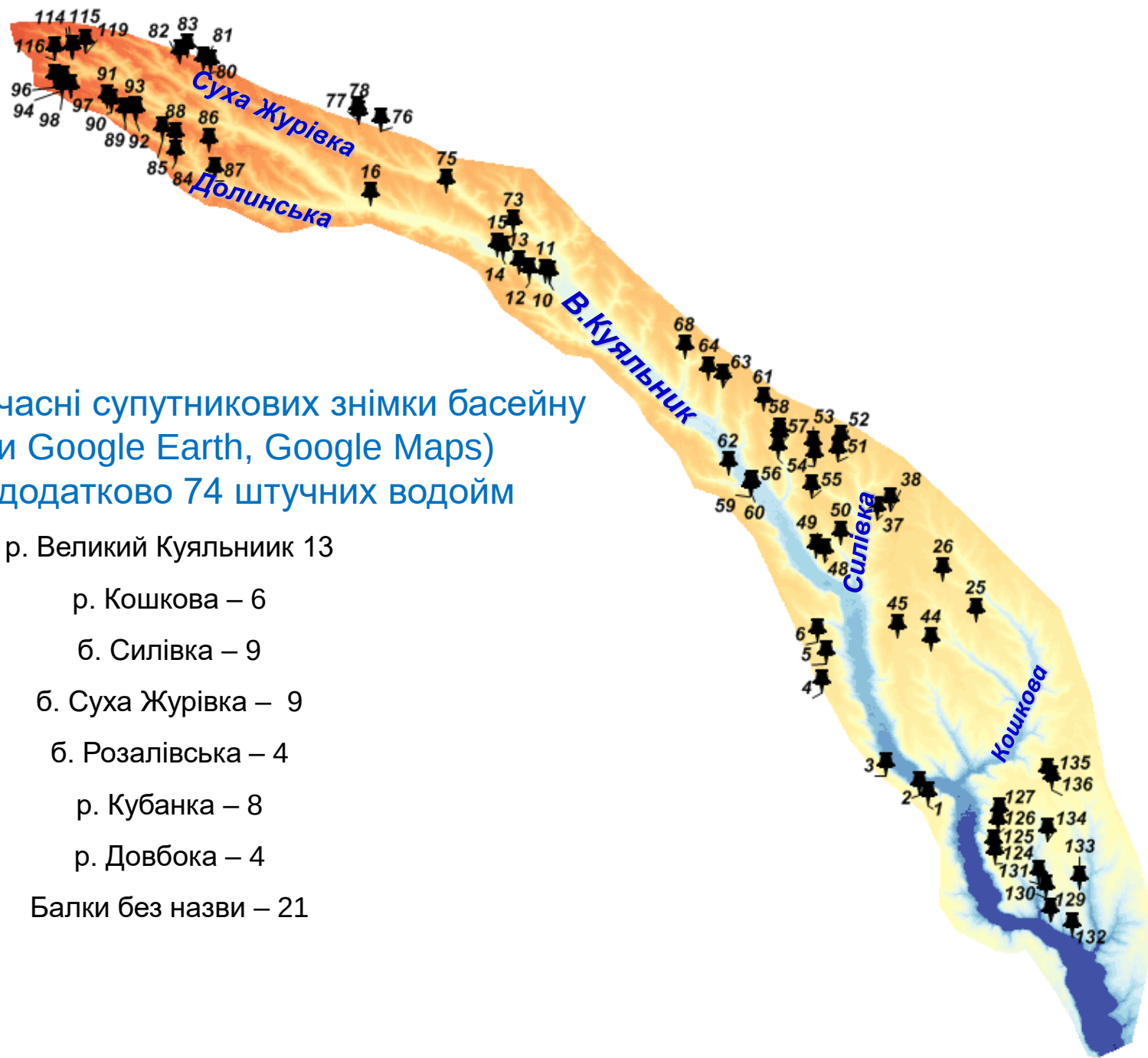
б. Суха Журівка – 9

б. Розалівська – 4

р. Кубанка – 8

р. Довбока – 4

Балки без назви – 21



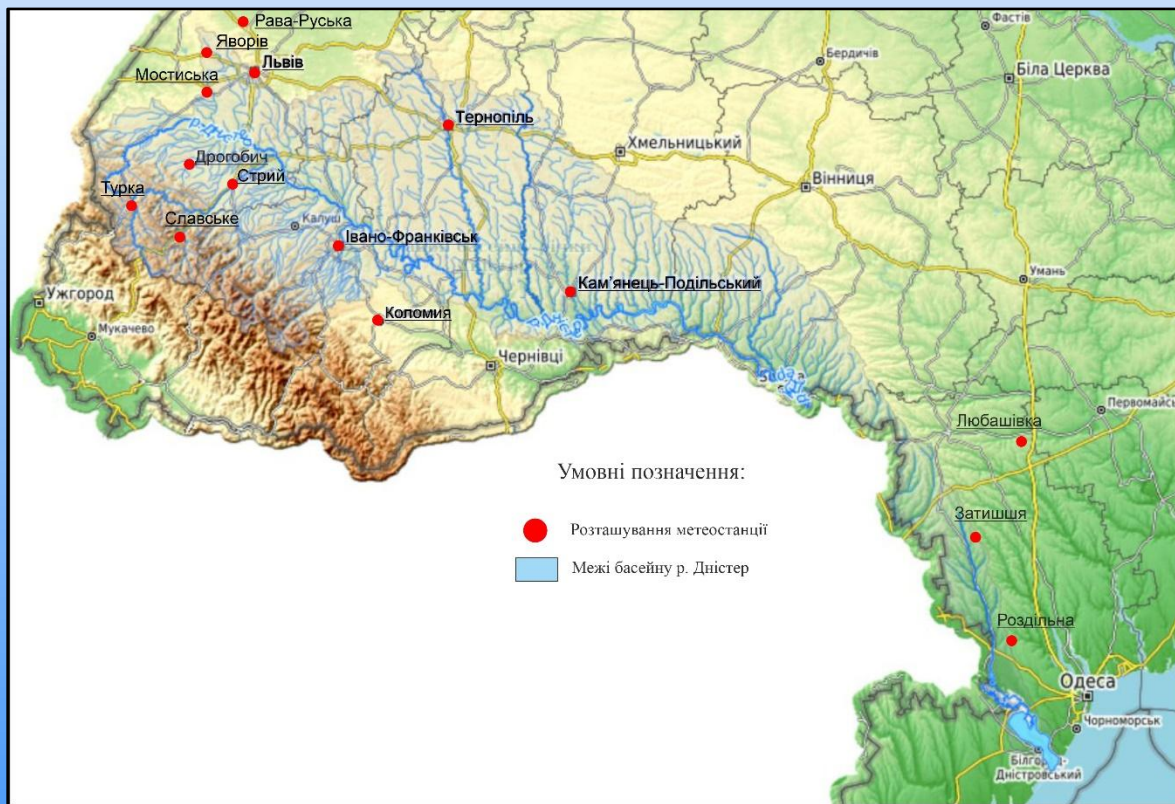
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. І.І. МЕЧНИКОВА

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

Кафедра гідрології суші

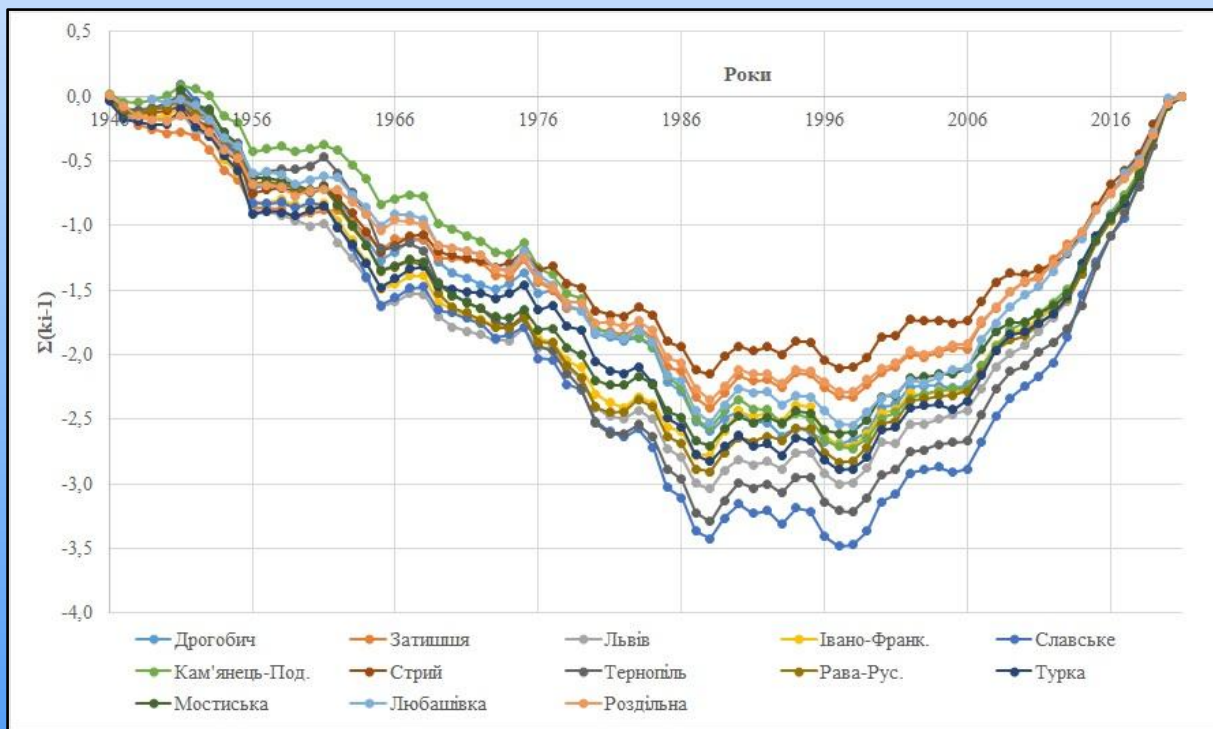
Як змінюються водні ресурси в Українських Карпатах

Науковий керівник – д.геогр.н.,проф. Лобода Н.С.
Виконавець – Розвод М.Р. аспірант 2-го р.н.



- Дрогобич
- Турка
- Славське
- Броди
- Яворів
- Львів
- Івано-Франківськ
- Стрий
- Мостиська
- Кам'янка-Бузька.

Карта-схема розташування метеостанцій в межах басейну р. Дністер



Різничево-інтегральні криві середніх річних температур повітря басейну річки Дністер

Результати виявлення трендів у коливаннях температур повітря Верхнього Дністра

Характеристики опадів	Характеристики трендів			Фаза коливань
	1945-2021 рр.	1945-1988 рр.	1989-2021 рр.	
Середні річні температури	Позитивні	Не виявлені	Позитивні	Перехід у позитивну фазу з 1988 року
Середні температури повітря холодного періоду (XI-III)	Позитивні	Не виявлені	Позитивні	Перехід у позитивну фазу з 1988 року
Середні температури повітря теплого періоду (IV-X)	Позитивні	Не виявлені	Позитивні	Перехід у позитивну фазу з 1993 року
Середні температури періоду формування дощових паводків (VI-XI)	Позитивні	Не виявлені	Позитивні	Перехід у позитивну фазу з 1998 року
Середні температури повітря зимового сезону (XII-II)	Позитивні	Не виявлені	Позитивні	Перехід у позитивну фазу з 1988 року

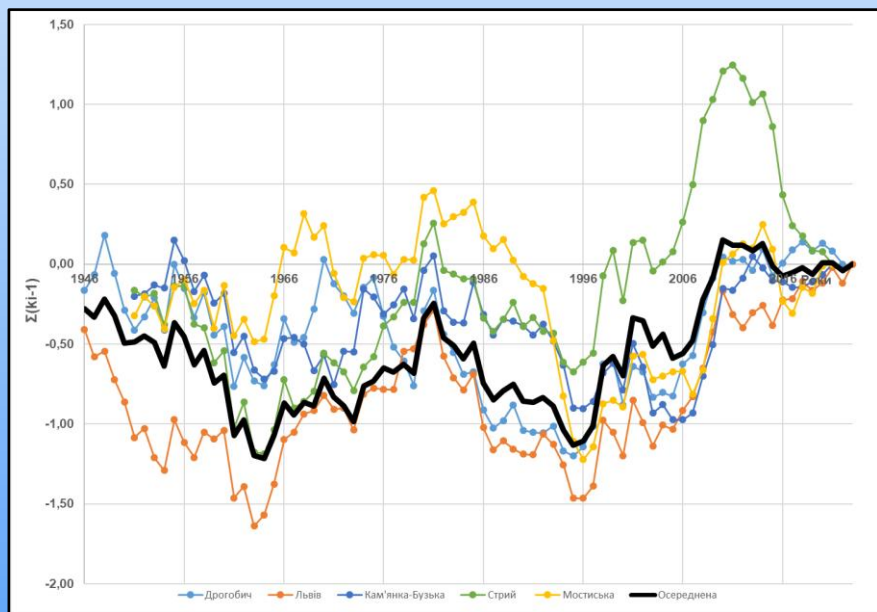


Рис. 11 – Різницеви інтегральні криві та осереднена крива (напівжирний шрифт) середніх річних сум опадів по метеорологічним станціям

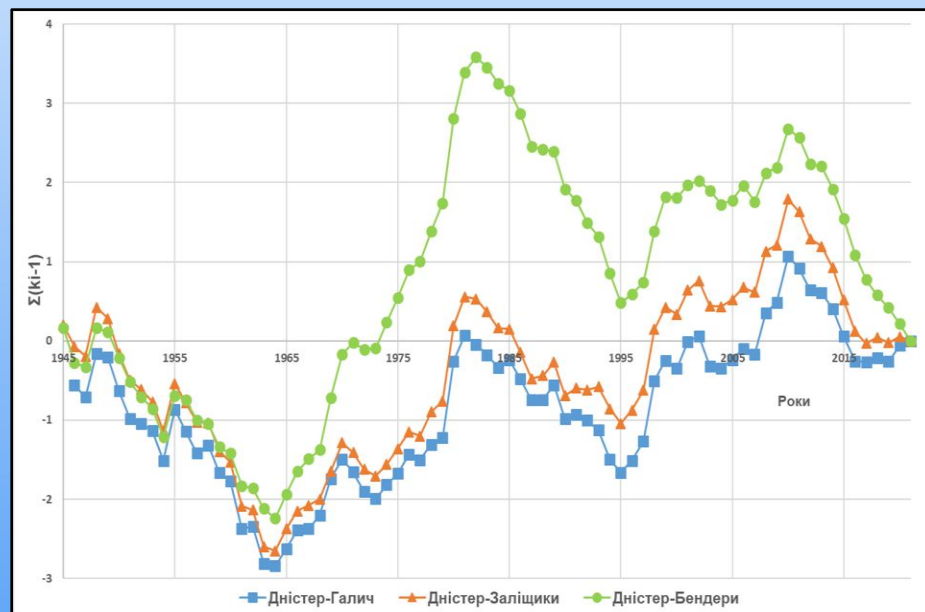
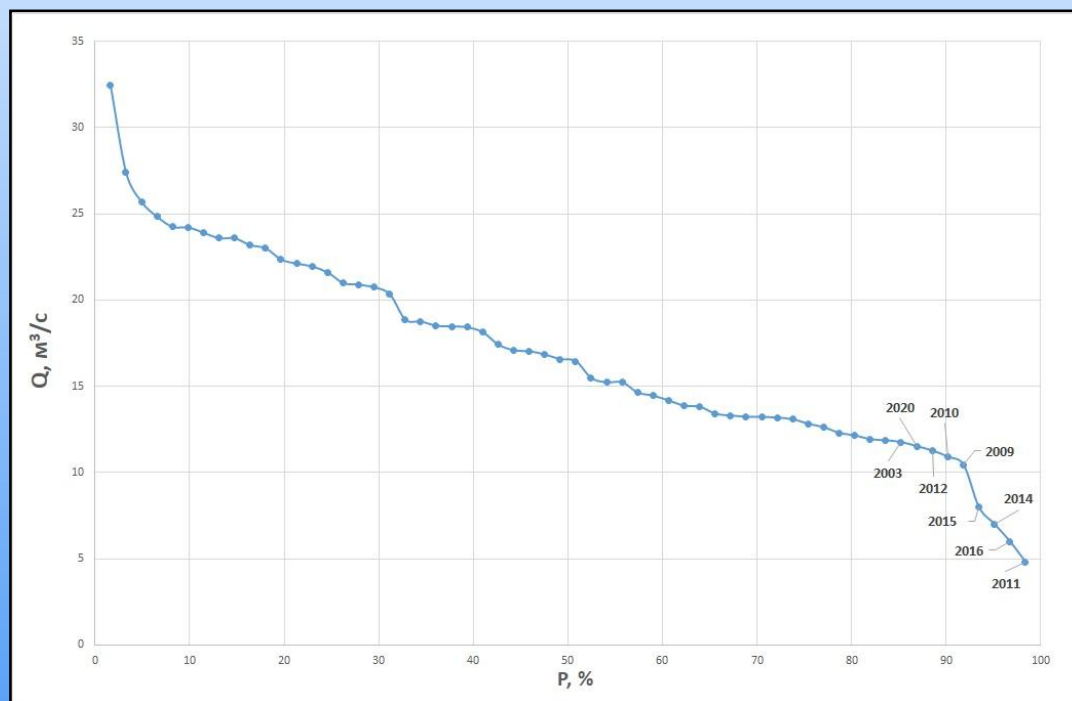


Рис. 12 – Різницеви інтегральні криві річних витрат води за період 1945-2021 рр. у створах, Галич, Заліщики та Бендери



Крива забезпеченості осереднених витрат
весняного водопілля (р. Опір –с. Сколе)

РОЗРАХУНКИ ТА ОЦІНКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЗА МОДЕЛЛЮ КЛІМАТ-СТІК

Модель “клімат-стік”



Кліматичні фактори
(опади, випаровування)



Підстильна поверхня
(болота, озера, карст, ґрунти)



Річковий стік



Водогосподарські перетворення:
зрошення, осушування, створення
штучних водойм



Побутовий стік

Проблеми гідрологічних розрахунків, що вирішуються на базі моделі “клімат-стік”

Модель природного (непорушеного водогосподарської діяльності)

Розрахунки характеристик стоку при відсутності та недостатності вихідних даних з використанням метеорологічної інформації

Модель впливу чинників підстильної поверхні

Визначення водних ресурсів у природних та порушених водогосподарською діяльністю умовах

перетворень

Прогноз змін водних ресурсів на базі кліматичних сценаріїв

Модель природного та побутового стоку в умовах глобальних змін

клімату

Управління водними ресурсами в умовах водогосподарської діяльності та змін клімату

Складові моделі “клімат-стік”

1

**Визначення природних водних ресурсів
за метеорологічними даними.**

2

Стохастичне моделювання побутового стоку

3

**Імітаційне стохастичне моделювання природного та
побутового стоку в умовах водогосподарської
діяльності та змін клімату, включаючи кліматичні
сценарії**

Диференціальне рівняння водно-теплого балансу ділянки суші має такий вигляд

$$\frac{\partial \beta_E}{\partial \beta_H} + \frac{\partial \beta_Y}{\partial \beta_H} = 1$$

де

$$\beta_H = \frac{H}{E_m}; \quad \beta_E = \frac{E}{E_m}; \quad \beta_Y = \frac{Y}{E_m};$$

де H - характеристика ресурсів зволоження,

E_m - характеристика ресурсів тепла, так званий «теплоенергетичний еквівалент»,

E - випаровування з поверхні суші,

Y - стік з ділянки суші.

Граничні умови складових рівняння водно-теплого балансу є такими

$$(2.3) \quad 0 \leq \beta_E \leq 1 \quad \text{при} \quad 0 \leq \beta_H \leq \infty \quad \text{та} \quad 0 \leq \beta_Y \leq \beta_H \leq \infty .$$

Методика розрахунків природного річного стоку для умов України на базі методу водно-теплогового балансу водозбору розроблена в ОДЕКУ під керівництвом професорів Є.Д. Гопченка та Н.С. Лободи [83].

Результуюче рівняння водно-теплогового балансу, отримане в результаті наближеного вирішення рівняння (2.1) записується у такий спосіб

$$(2.4) \quad Y = H - E_m \left[1 + \left(\frac{H}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}$$

де H – характеристика зволоження території;

Y – характеристика стоку;

E_m – максимально можливе випаровування з поверхні суші;

n – параметр, який інтегрує вплив фізико-географічних умов на формування стоку.



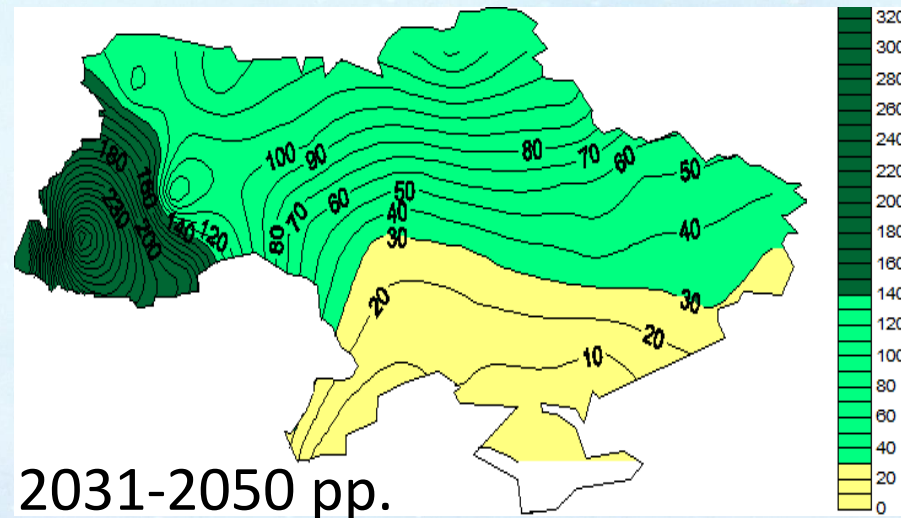
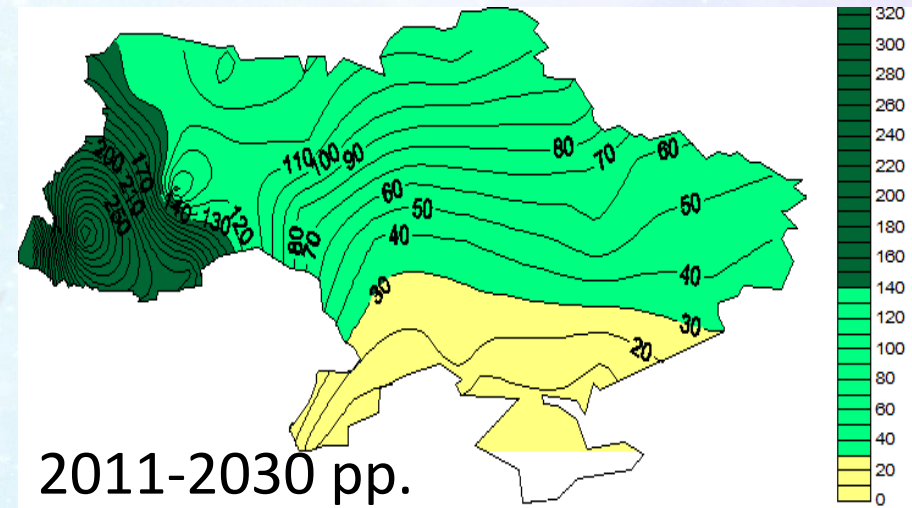
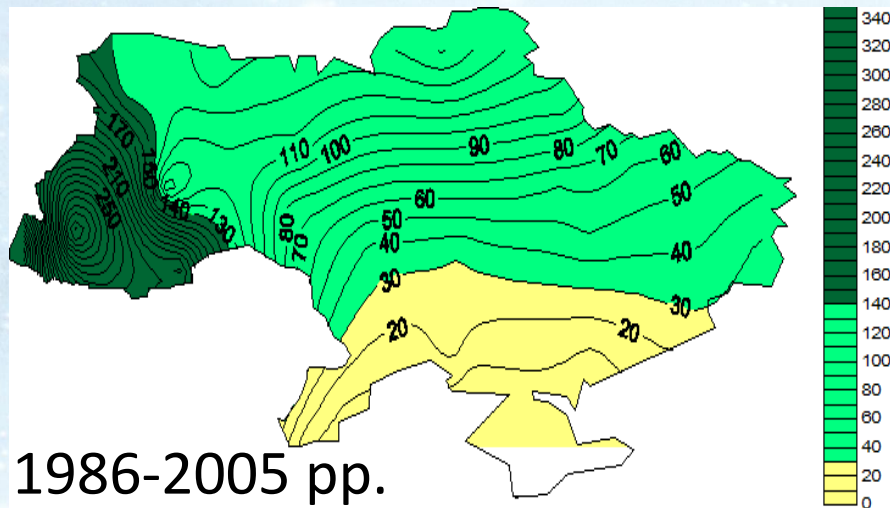
Модель “клімат-стік”

- ❑ Особливість моделі “клімат - стік” полягає у тому, що розрахунки середнього багаторічного значення річного кліматичного стоку для кожного вузла сітки (метеостанції), дозволяють визначити зональний (кліматичний) річний стік за метеорологічними даними (опадами та температурами повітря) ретроспективного періоду та кліматичних сценаріїв і установити його зміни у просторі як для конкретних років, так і багаторічного періоду. Виявлені зміни характеризують зміни водних ресурсів.
- ❑ Рівняння водно-теплогового балансу для розрахунків природного зонального річного стоку в умовах змін клімату має вигляд:

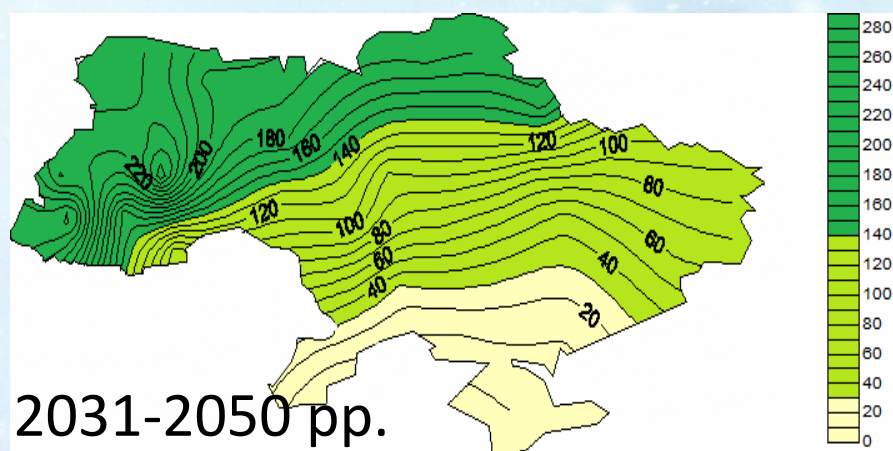
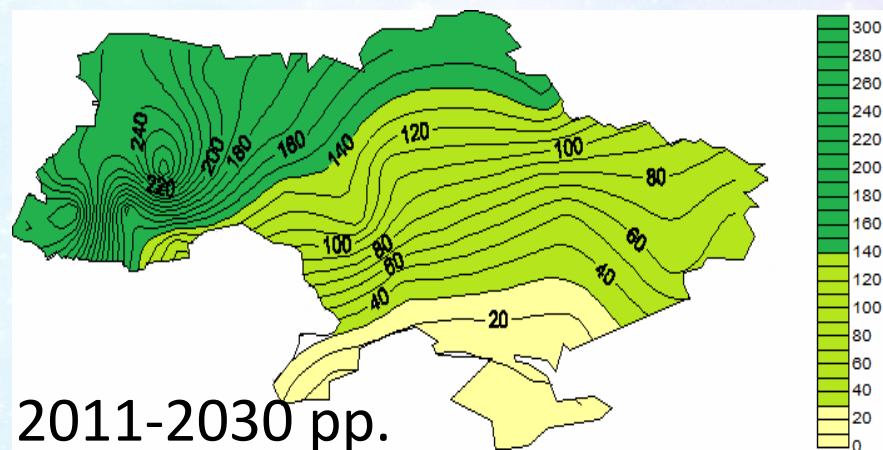
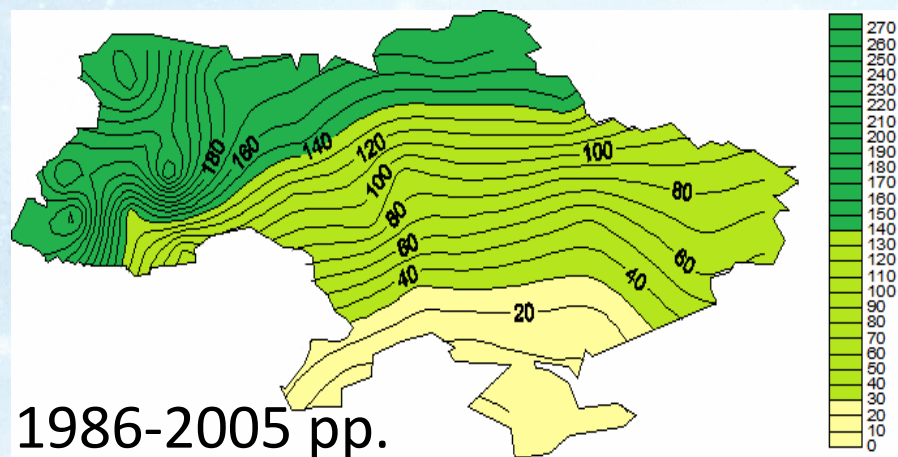
$$\bar{Y} = \bar{X} - \bar{E}_m \left[1 + \left(\frac{\bar{X}}{\bar{E}_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}},$$

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

Просторовий розподіл норм річного кліматичного стоку за сценарієм глобальної зміни клімату A1B



Просторовий розподіл норм річного кліматичного стоку за сценарієм глобальної зміни клімату A2

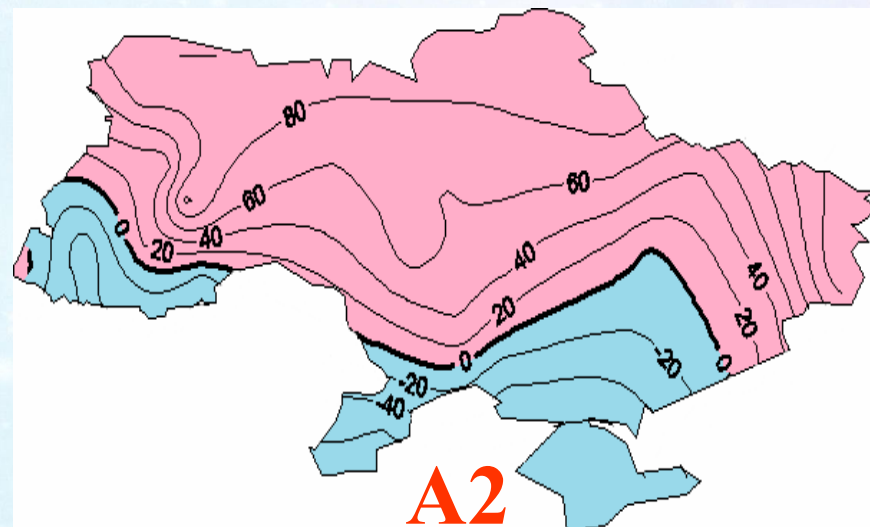
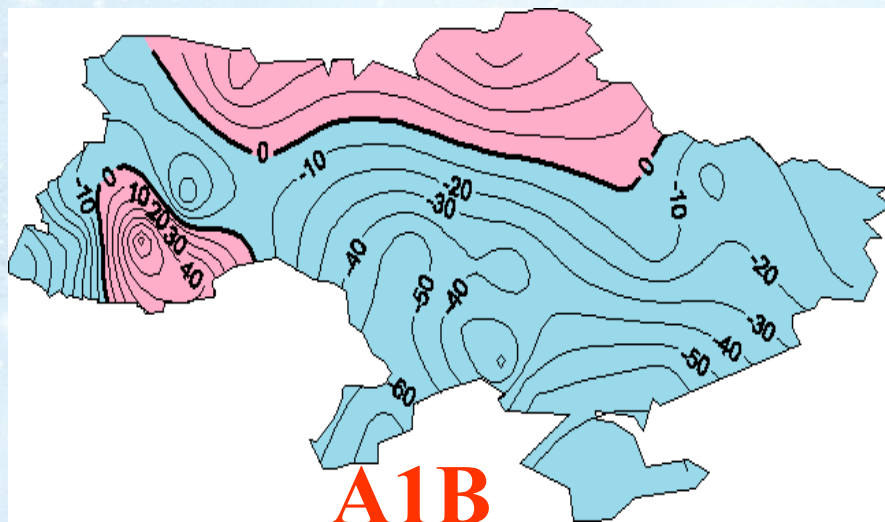


На базі моделі «клімат - стік» (ОДЕКУ) були установлені можливі зміни водних ресурсів України у XXI сторіччі. Для розрахунку використовувалися найбільш відомі сценарії змін глобального клімату.

На наступних слайдах синім кольором показані території, де водні ресурси будуть зменшуватися. У всіх розглянутих сценаріях Південь України очікує зменшення водних ресурсів до **40-50 %**.



14
Просторовий розподіл відносних відхилень (%) норм річного кліматичного стоку у 2031-2050 рр. у порівнянні із даними до 1989 р. за сценаріями



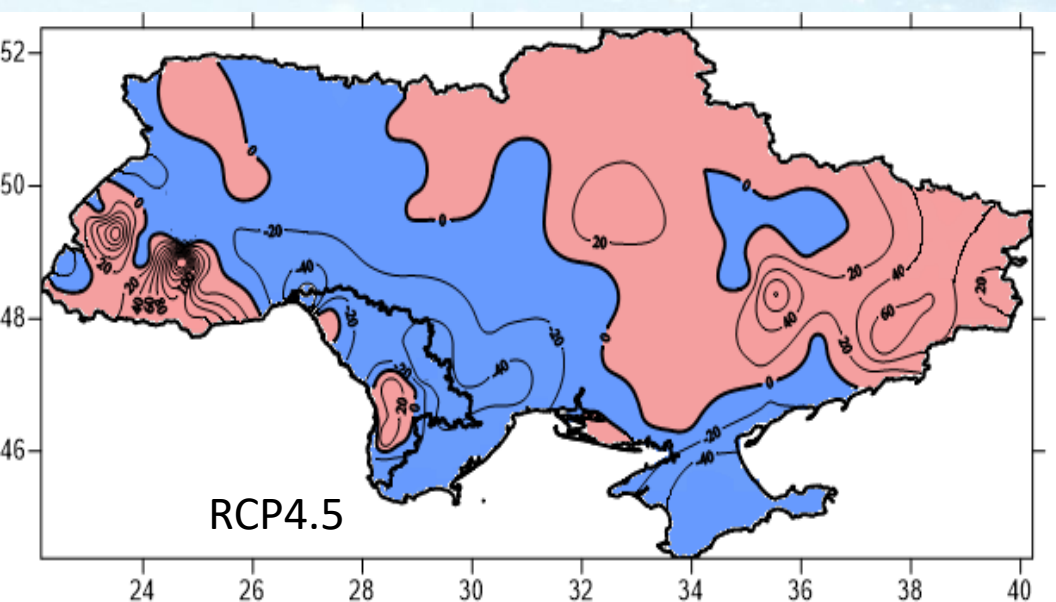
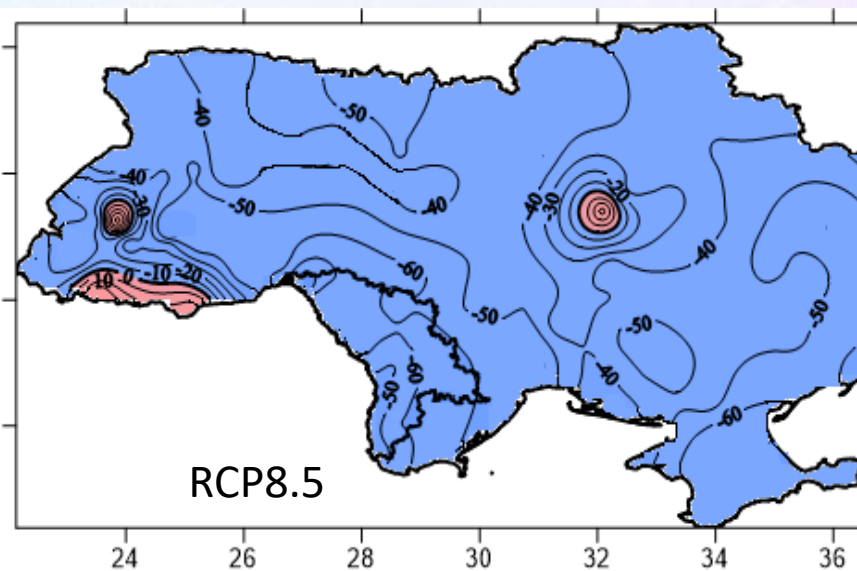
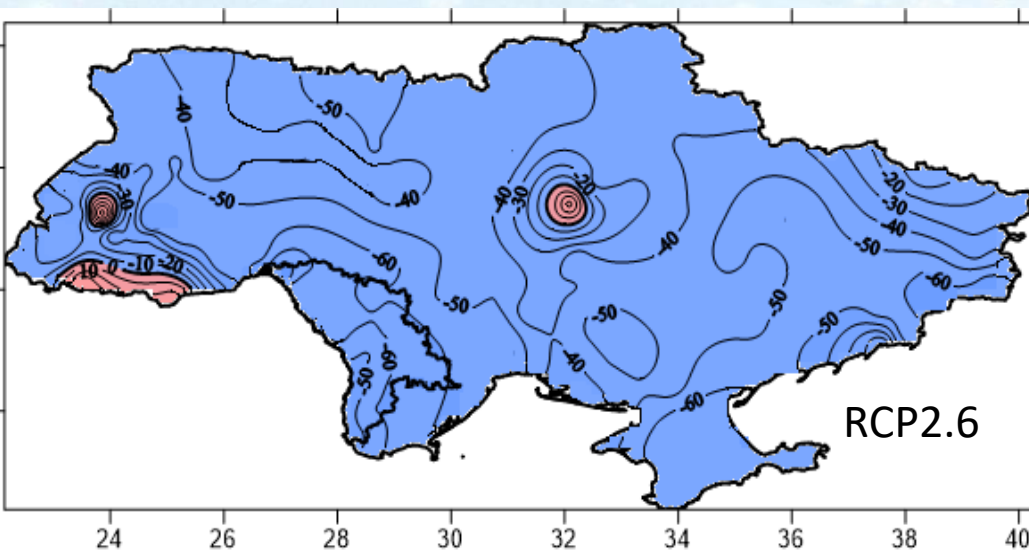
Збільшення стоку



Зменшення стоку

Зміни водних ресурсі Y, ресурсів тепла Em та вологи X на 2020-2050 рр. за моделями траєкторії RCP4.5 для території Дністер-Південний Буг проект EURO-CORDEX, 14 моделей

Модель	Em, %	X, %	Y, %
CLMcom1	17.6	-19.2	-71.7
CLMcom2	21.2	-23.6	-69.6
CLMcom3	32.1	-24.5	-82.6
CLMcom4	17.3	-9.20	-48.4
CNRM	5.66	-0.40	-9.72
DMI	0,91	-18.4	-54.8
KNMI1	14.3	-12.4	-49.8
KNMI2	15.9	-1.9	-35.6
MPI-CSC1	15.4	2.0	-21.6
MPI-CSC2	8.83	36.4	75.4
SMHI1	3.56	7.8	28.4
SMHI2	9.70	-0.40	-16.7
SMHI3	21.2	8.70	-18.4
SMHI4	11.6	13.5	28.0
Середня статистична модель	12.3	-1.80	-25.5



Зміни середнього багаторічного річного стоку на території України та Молдови у період 2021-2050 рр. при порівнянні із базовими даними минулого сторіччя (до 1989р.) для середньостатистичної моделі траєкторій RCP2.6 RCP4.5 , RCP8.5

Можливості управління водними ресурсами на основі моделі “клімат-стік”

- Оцінки природних водних ресурсів у сценарних кліматичних умовах
- Оцінки водних ресурсів за наявності на водозборі водогосподарських перетворень (зрошування, втрати на додаткове випаровування з водної поверхні, акумуляція поверхневих вод у штучних водоймах)
- Прогноз змін водних ресурсів в залежності від заданих кліматичних умов та масштабів водогосподарських перетворень
- Оптимізація масштабів водогосподарської діяльності
- Обґрунтування доцільності заходів по відновленню стоку річок шляхом оптимізації водогосподарських заходів



- Імітаційне моделювання перетвореного водогосподарською діяльністю річного стоку

Рівняння водогосподарських балансів водозборів, представлені в ймовірнісному вигляді, мають таку редакцію:

а) при заборах води з місцевого стоку на зрошування сільськогосподарських угідь [93]

$$Y_{\text{Поб},P} = Y_{\text{Пр},P} - \frac{M_{0,100-P}}{\eta} f_{3P} ; \quad (2.23)$$

б) при наявності на водозборі штучних водойм, які зумовлюють втрати на додаткове випаровування з водної поверхні

$$Y_{\text{Поб},P} = Y_{\text{Пр},P}(1 - f_B) - (E_B - X)_{100-P} f_B ; \quad (2.24)$$

в) при надходженні до водотоків зворотних вод з сільськогосподарських земель, які зрошуються за рахунок річков-донорів,

$$Y_{\text{Поб},P} = Y_{\text{Пр},P} + \xi \frac{M_{0,100-P}}{\eta} (1 - \eta) f_{3P} ; \quad (2.25)$$

г) при осушуванні боліт та заболочених земель [94]

$$Y_{\text{Поб},P} = Y_{\text{Пр},P} + \mu \Delta H_{\text{Гр},P} f_{OC} + (w_{\text{Пр}} - w_{OC}) \Delta H_{\text{Гр},P} f_{OC} ; \quad (2.26)$$

З метою збереження стаціонарності рядів стоку, що генеруються, на кожному кроці імітаційного моделювання показники масштабів водогосподарської діяльності вважалися постійними. В результаті кожного проведеного імітаційного експерименту були отримані статистичні параметри річного побутового стоку, які відповідають заданим масштабам водогосподарської діяльності та стану клімату. За установленими статистичними параметрами виконується перехід до стоку заданої забезпеченості за обраним законом розподілу випадкової величини.

Результати стохастичного моделювання узагальнюються у вигляді графічних рішень або аналітичних функцій, які являють собою “функції відгуку” характеристик річного стоку на водогосподарські перетворення і називаються “функціями антропогенного впливу”. Оскільки в межах водозбору однієї й тієї ж річки кількісний та якісний склад чинників може змінюватися, з метою врахування сумісного впливу водогосподарських чинників запропоновано використовувати термін “коефіцієнти антропогенного впливу”

Результати стохастичного моделювання узагальнюються у вигляді графічних рішень або аналітичних функцій, які являють собою “функції відгуку” характеристик річного стоку на водогосподарські перетворення і називаються “функціями антропогенного впливу”. Оскільки в межах водозбору однієї й тієї ж річки кількісний та якісний склад чинників може змінюватися, з метою врахування сумісного впливу водогосподарських чинників запропоновано використовувати термін “коефіцієнти антропогенного впливу”

$$K_A = \frac{A_f}{A_0}, \quad (2.27)$$

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

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

Коефіцієнти антропогенного впливу устанавлюються для кожного виду діяльності окремо. Сумісний вплив m водогосподарських чинників на параметр A_0 ураховується таким рівнянням

$$A_f = A_0[K_1 + K_2 + K_3 \dots + K_m - (m - 1)], \quad (2.28)$$

де $K_1, K_2, K_3, \dots, K_m$ - коефіцієнти, які кількісно враховують зміни статистичних параметрів річного стоку;

m - кількість розглянутих видів водогосподарської діяльності.

Показники антропогенного впливу штучних водойм на природний річний стік р. Великий Куяльник за середній багаторічний період (1990-2030 рр., норма природного річного стоку – 19 млн. м³) при різних об'ємах заповнення

Середній багаторічний об'єм заповнення , млн.м ³	Коефіцієнт антропогенного впливу	Середня багаторічна величина річного побутового стоку, млн.м ³	Зміни стоку, %	Коефіцієнт акумуляції	Вільний стік, млн.м ³
1	0,947	18	-5,26	0,0555	17
2	0,894	17	-10,5	0,117	15
3	0,842	16	-15,8	0,188	13
4	0,789	15	-21,0	0,267	11
5	0,737	14	-26,3	0,462	9
6	0,684	13	-31,6	0,583	7
7	0,631	12	-36,8	0,727	5
8	0,578	11	-42,1	0,90	3
9	0,526	10	-47,4	0,90	1
10	0,474	9	-52,6	1,11	немає
11	0,421	8	-57,9	1,38	немає
12	0,368	7	-63,1	1,71	немає
13	0,316	6	-68,4	2,16	немає
14	0,263	5	-73,7	2,80	немає
15	0,210	4	-78,9	3,75	немає
16	0,158	3	-84,2	5,33	немає
17	0,105	2	-89,5	8,50	немає
18	0,052	1	-94,7	18	немає

Установлення граничних об'ємів заповнення штучних водойм з метою відновлення природного стоку

Частина стоку, яка відновлюється, %	Середня багаторічна величина відновленого стоку, млн.м ³	Гранична величина об'єму заповнення штучних водойм, млн.м ³	Коефіцієнт акумуляції	Вільний стік, млн.м ³
50	9,5	9	0,95	0,5
60	11,4	8	0,69	3,4
70	13,3	6	0,45	7,3
75	14,5	5	0,34	14,0
80	15,2	4	0,26	11,2
90	17,1	2	0,12	15,1

За моделлю "клімат-стік" визначався приплив прісних вод від річок та водотоків до лиманів Одеської області й північно-західної частини Чорного моря у сучасності та майбутньому. Отримані результати використані у моделі водно-сольового балансу (О.М. Гриб) та нестационарній тривимірній гідротермодинамічній моделі Delft3D-FLOW (Ю.С. Тучковенко, Д.В. Кушнір). Отримані оцінки змін просторово-часової мінливості гідрологічних та гідроекологічних характеристик у сучасності та майбутньому.



Науково-дослідні роботи, виконані в ОДЕКУ по дослідженню водозбору Куяльницького лиману

- Прикладна науково-дослідна робота за рахунок державних коштів (МОН) «Комплексне управління водними ресурсами басейну Куяльницького лиману та його гідроекологічним станом в умовах господарської діяльності і кліматичних змін» (№ д/р 0115U000631), термін : 2015-2016 рр.
- «Оцінка можливого альтернативного наповнення Куяльницького лиману водами Чорного моря, річки Дністер й інших лиманів і водних об'єктів», № ДР 0112U007605, 2012 р. (Договір з Департаментом освіти і науки Одеської обласної державної адміністрації, 2012р.).
- «Оцінка можливих змін гідроекологічного режиму Куяльницького лиману під впливом глобальних кліматичних змін», № ДР 0112U007606, 2012 р. (Договір з Департаментом освіти і науки Одеської обласної державної адміністрації, 2012р.).
- «Проведення гідроекологічної оцінки та розробка науково-обґрунтованих заходів щодо регулювання стоку та розчистки русел річок Довбока та Кубанка», № ДР 0112U007607, (Договір з Департаментом освіти і науки Одеської обласної державної адміністрації, 2012р.).
- Науково-дослідна робота «Науково-дослідні роботи з гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки» *частина (лот) 1 – гідрологічне обстеження*» (Договір з Департаментом екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації, 2016,2017,2018 рр.
- Науково-дослідна робота «Науково-дослідні роботи з обстеження русла річки Великий Куяльник(Договір з Департаментом екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації, 2016,2017,2018,2019, 2020 рр.

Основною витратною складовою (млн. м³) є об'єм води, що випарився з водної поверхні лиману за місяць. Розрахунки та прогнози маси солей у лимані виконувались за допомогою балансового рівняння виду

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

де Δt — розрахунковий крок моделі у часі, який брався рівним 1 місяцю, млн. м³;
 $C_{K,j}$ та $C_{K,j-1}$ — маса солей в лимані наприкінці розрахункового та попереднього (відносно розрахункового) місяця, млн. т;

$S_{P,j}$, $S_{r,j}$, $S_{m,j}$ — значення середньої місячної мінералізація атмосферних опадів, що випали на водну поверхню лиману за розрахунковий період, припливних вод від водотоків, морських вод, що надійшли до лиману трубопроводом «море-лиман», відповідно, г/дм³.

**Значення мінералізації та рівнів води у Куяльницькому лимані у
розрахункові кліматичні періоди (сценарій М10, з гілки сценаріїв А1В) за
умови збереження сучасного рівня водогосподарської діяльності на
водозборі р. В. Куяльник**

$\bar{W}_{ПОБ}$ Період	Середня багаторічна величина побутового річного стоку, , млн. м ³	Мінералізація та рівні води			
		без подачі морської води		при надходженні морської води	
		мінералізація води, г/дм ³	рівень води, м БС	мінералізація води, г/дм ³	рівень води, м БС
До 1989 р.	12,8	81,90	-4,67	—	—
1990—2030 рр.	9,69	224,92	-5,89	156,02	-5,37
2021—2050 рр.	3,68	238,19	-5,95	170,60	-5,31
2031—2070 рр.	6,11	219,20	-5,76	168,91	-4,97
2071—2098 рр.	1,81	250,71	-5,89	201,60	-4,95

Значення мінералізації та рівнів води у Куяльницькому лимані у роки різної водності за умови відновлення природного стоку р. В. Куяльник

Період	Водність	Рівні та мінералізація води			
		без подачі морської води		при надходженні морської води	
		рівень води, м БС	мінералізація води, г/дм ³	рівень води, м БС	мінералізація води, г/дм ³
1990—2030 рр.	Багатоводний	-5,17	116,36	-5,05	113,15
	Середній	-5,38	136,49	-5,30	134,43
	Маловодний	-5,78	198,51	-5,72	194,00
2031—2070 рр.	Багатоводний	-5,53	162,88	-5,31	154,93
	Середній	-5,73	194,91	-5,48	175,21
	Маловодний	-5,87	233,45	-5,63	191,49
2071—2098 рр.	Багатоводний	-4,99	123,12	-4,61	121,25
	Середній	-5,66	201,98	-5,39	186,86
	Маловодний	-5,78	236,77	-5,46	210,68

З метою збереження лиману як водного об'єкту, який має унікальне бальнеологічне значення, у 2014 р. Облдержадміністрацією було прийняте рішення реалізувати періодичний запуск морської води через систему гідротехнічних споруд. На протязі осені 2014р. були виконані необхідні технічні роботи по з'єднанню лиману з морем по трубопроводу, прокладеному через пересип, з виходом у море на відстані 0,5 км від урізу води і розташуванням водозабору на глибині 5 м. **Обґрунтування графіку функціонування трубопроводу «море-лимани» виконане в результаті імітаційного моделювання за рівнянням водного та соляного балансів лиману.**

– Подача морської води до лиману починається, якщо:

- а) середньодобова температура води в Одеській затоці є меншою або дорівнює 8°C ;
- б) середньомісячна мінералізація води в лимані є більша за 40 г/дм^3 , а позначка рівня води в лимані є меншою від мінус 4,35 м БС;

– подача морської води до лиману припиняється, якщо:

- а) значення рівня води в лимані перед початком водопілля є більшим від позначки мінус 4,35 м БС;
- б) середньомісячна мінералізації води в лимані менша за 40 г/дм^3 ;
- в) середньодобова температура води в Одеській затоці вища ніж 8°C .

Критерії оцінки ефективності функціонування лиману при такому графіку:

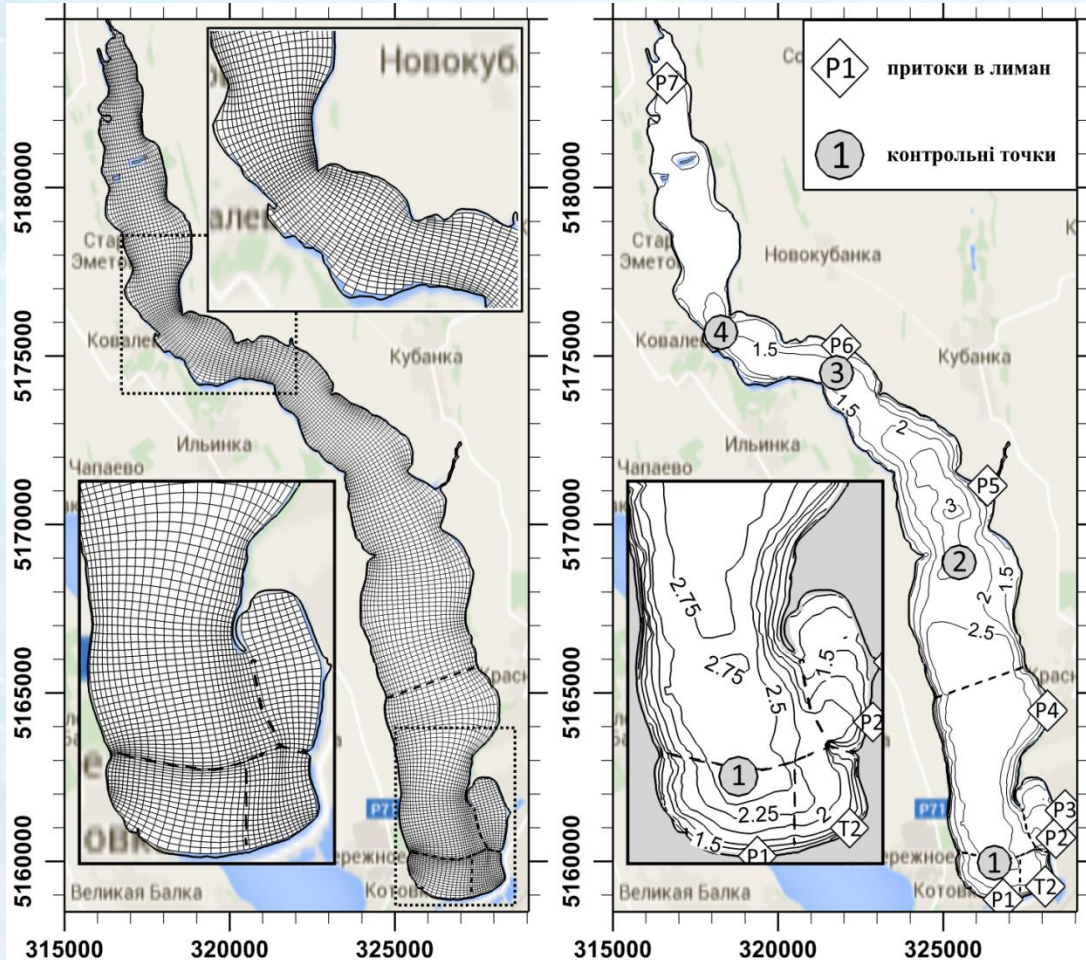
- мінералізація води в лимані вже з середини п'ятого циклу подачі морської води є меншою від гранично допустимого значення (200 г/дм^3);
- рівні води в лимані навіть у дуже багатоводний 2003 р. не перевищують максимально допустимої позначки (мінус 4,35 м БС);
- кількість солей в лимані за 23 роки збільшується на 3,9 млн. т (або на 45% відносно початкової кількості солей в лимані).

Сучасна тривалість роботи трубопроводу - з грудня до середини квітня.

Починаючи з грудня 2014 року розпочався перекид морської води по трубопроводу «море - лиман».



**РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОТЕРМОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ DELFT3D-FLOW
для оцінки впливу потенційно можливого у сучасних кліматичних умовах збільшення стоку
р. В. Куяльник на внутрішньорічну просторово-часову мінливість гідрологічних
характеристик Куяльницького лиману**



Розрахункова сітка (а), батиметрична карта (приведена до відмітки рівня води мінус 4,8 м БС) та схема розташування на акваторії Куяльницького лиману (б) контрольних точок для аналізу результатів моделювання (позначені 1-4) та приток в лиман (позначені Т2, Р1-Р7):

Т2 – водопропуск «лиман-море»; Р1 – лоток зі ставків пересипу; Р2 – лоток з ВНС №5;

Р3 – б. Корсунцівська;

Р4 – б. Гільдендорфська;

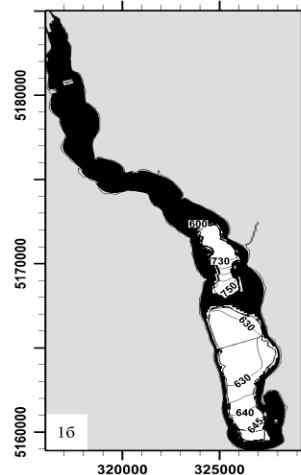
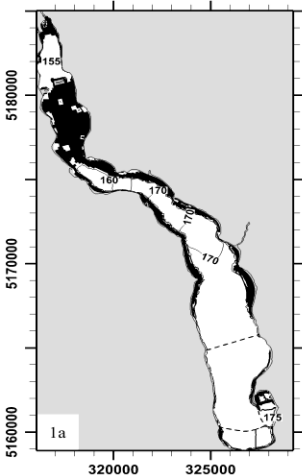
Р5 – р. Кубанка;

Р6 – р. Довбока;

Р7 – р. В. Куяльник

Змодельована мінливість просторового розподілу солоності вод лиману, ‰, та меж його водного дзеркала за умов надходження 75% обсягів розрахованого природного стоку р. В. Куяльник у різні характерні роки сучасного кліматичного періоду XXI ст.:

а) 15 квітня; б) 15 вересня



Впровадження водного менеджменту на водозборі річки Великий Куяльник, реалізація різних інженерно-технічних заходів, спрямованих на збільшення стоку річки в Куяльницький лиман будуть суттєво впливати на його гідроекологічний режим лише у разі забезпечення надходження до лиману не менш 80% від обсягів природного стоку річки у сучасний період 1990-2030 рр..

Управління гідрологічним режимом Куяльницького лиману шляхом подачі морської води через трубопровід “море-лимани” буде давати позитивні результати до 2030 р.: подальші наслідки змін клімату потребують нових підходів до рішення проблеми збереження лиману.

Збільшення природного стоку річки Великий Куяльник за рахунок регулювання роботи штучних водойм не здатне самотійно забезпечити стабілізацію гідроекологічного режиму Куяльницького лиману без періодичного поповнення його морською водою Одеської затоки та здійснення заходів щодо стабілізації та збільшення надходження вод від інших водотоків, які впадають в лиман: малих річок Довбока, Кубанка, балок Гільдендорфська та Корсунцівська.

У разі відновлення на 80% природного стоку річки Великий Куяльник шляхом скорочення об'єму заповнення штучних водойм на водозборі річки з 12 до 2 млн. м³, можливе скорочення періоду поповнення лиману морською водою з 5 місяців (грудень-квітень) до 1-1,5 місяців.

Поєднання подачі морської води із регулюванням роботи штучних водойм забезпечить стабільність рівня води в лимані на міжрічному часовому масштабі та значне зниження солоності воді в північній частині лиману з січня до серпня, а також зменшення максимальних значень солоності в південній та центральній частинах лиману порівняно із сучасним варіантом регулювання його гідрологічного режиму.

Відновлення стоку річки на 80% має забезпечити «добрий» екологічний стан лиману, коли мінералізація води буде знаходитися в діапазоні від 40 до 200 г/дм³. Щорічне надходження солей буде становити 20-50 тис. тонн у той час як в умовах побутового стоку та перекиду морської води через трубопровід щорічна кількість солей досягає 230-250 тис. тонн.

Оцінено вразливість закритих лиманів до змін клімату через зростання дефіциту водного балансу

Встановлено, що зміни кліматичних умов, які вже відбулись і очікуються в ХХІ ст. викликають збільшення дефіциту річного прісного водного балансу «закритих» лиманів північно-західного Причорномор'я, які для окремих лиманів, як, наприклад, Куяльницького, Дофіновського, Тузловської групи лиманів (у разі відсутності зв'язку з морем) можуть створювати загрозу їх зникнення. За вразливістю до змін клімату через виникнення значного річного дефіциту прісного водного балансу, у разі відсутності інших джерел надходження вод (наприклад, з моря), лимани ранжовані у такій послідовності: **Куяльницький, Дофіновський, Будацький** (за відсутності надходження вод з Дністровського лиману), **Тузловська група, Сасик, Тилігульський, Хаджибейський** (за відсутності антропогенного стоку).

Результати досліджень та їх обговорення

□ Згідно із результатами розрахунків за науково-дослідною темою «Зміни клімату та їх вплив на гідрологічний та гідроekологічний режими лиманів Північно-Західного Причорномор'я» (Хохлов В.М., Тучковенко Ю.С., Лобода Н.С.) отримано нев'язку прісних водних балансів лиманів. Нев'язка водного балансу розраховується за рівнянням:

$$\delta W = W_P + W_R - W_E, \quad (1)$$

де δW – нев'язка (дефіцит або профіцит) річного прісного водного балансу, млн. м³/рік; W_P – об'єм атмосферних опадів, що випали на водну поверхню лиману, млн. м³/рік; W_R – об'єм припливу води до лиману зі стоком річок, млн. м³/рік; W_E – об'єм води, що випарився з водної поверхні лиману за рік, млн. м³/рік.

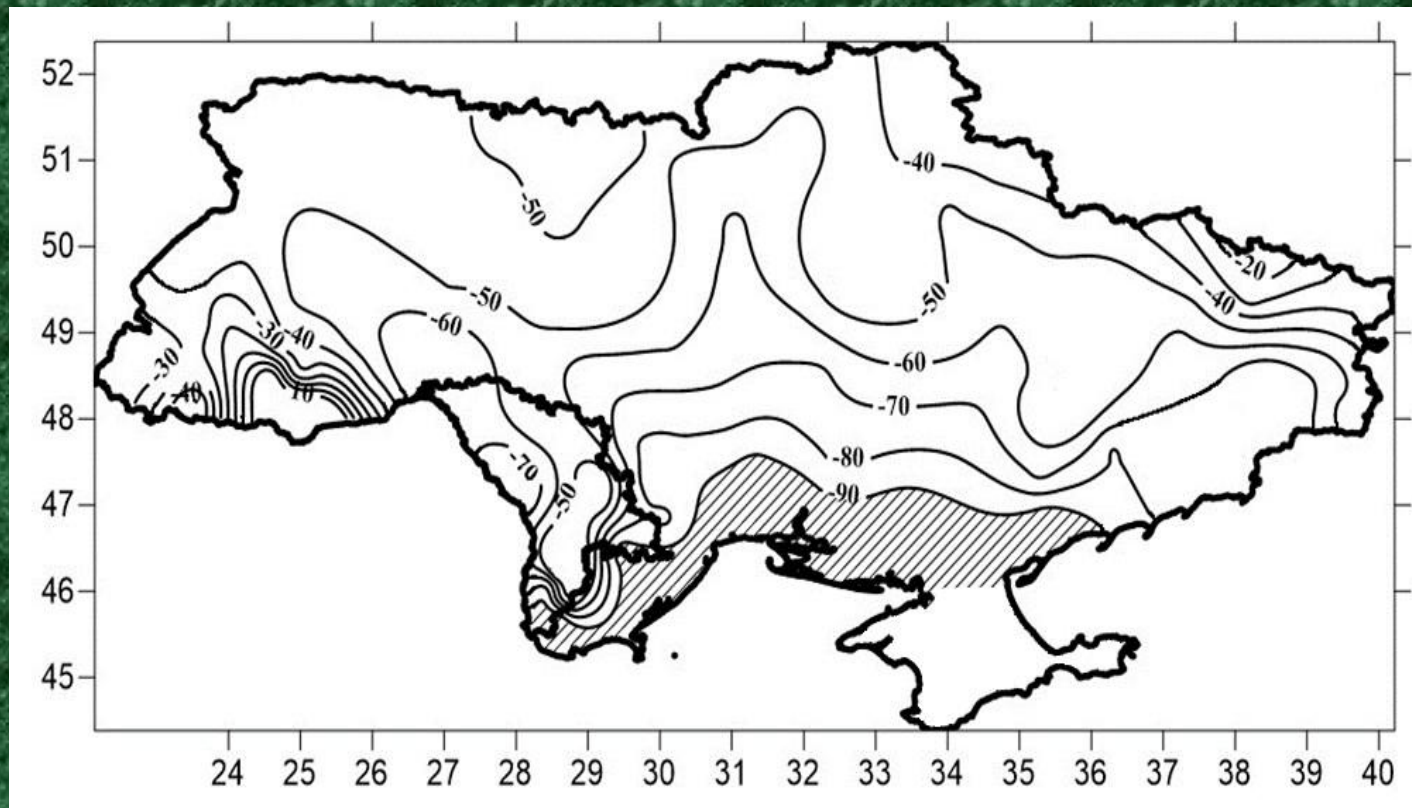
Вирішення проблеми стабілізації гідроекологічного режиму «закритих» лиманів полягає в забезпеченні постійного протягом року різноспрямованого водообміну з морем через штучні з'єднувальні канали з морфометричними характеристиками, за яких не буде відбуватись засолення лиманів у багаторічній перспективі.



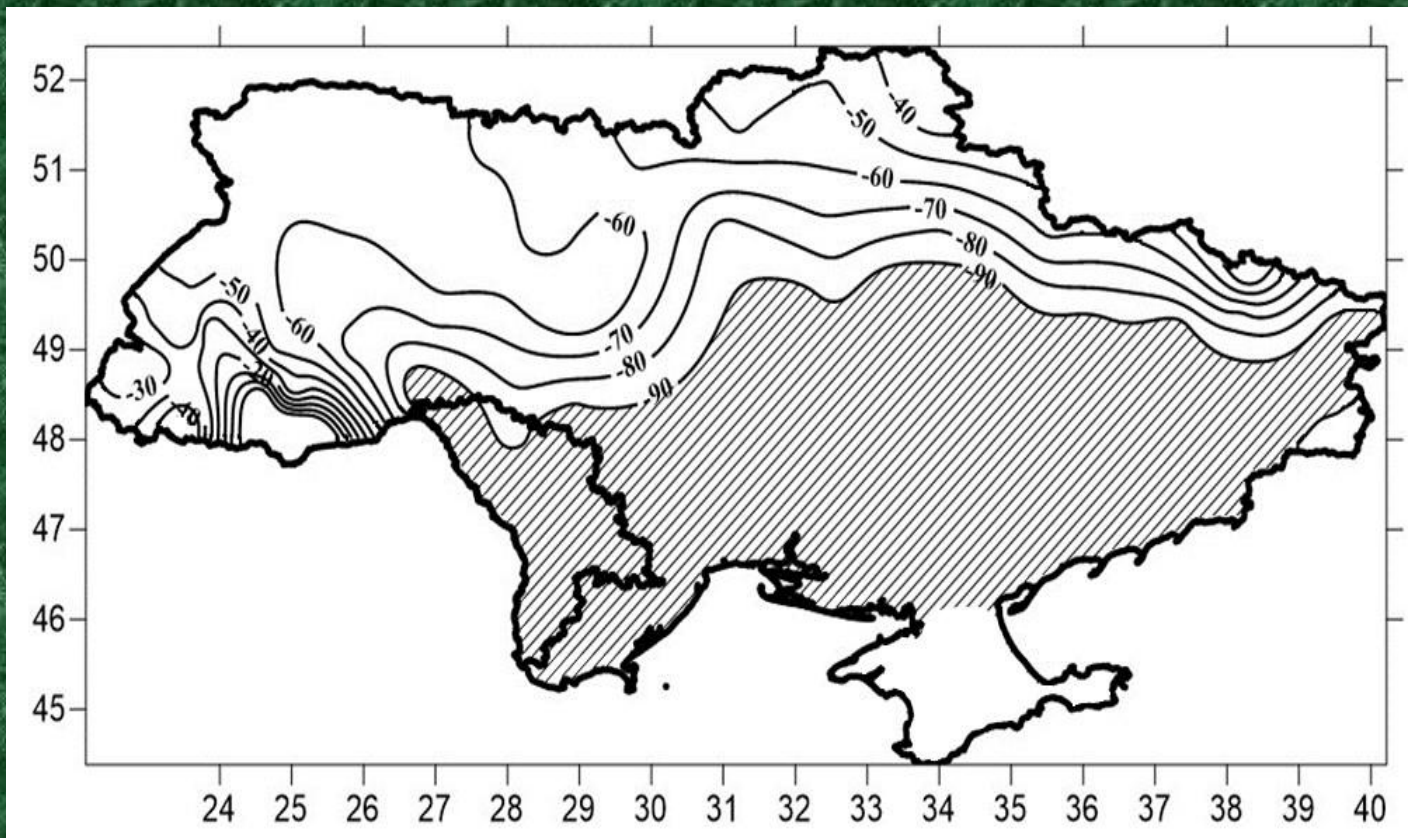
Одеський національний університет імені І.І.Мечникова
Кафедра гідрології суші

**ОЦІНКА РИЗИКІВ РУЙНУВАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ
РІВНИННОЇ УКРАЇНИ ЗА КЛІМАТИЧНИМИ
СЦЕНАРІЯМИ НА 2021-2050 РР.**

Н.С. Лобода, д.геогр.н., проф, Н.Д. Отченаш, к.геогр.н.



Виснаження місцевих водних ресурсів у маловодні роки забезпеченістю 75% за\ період 2021-2050 рр. у порівнянні із базовими даними згідно із осередненою моделлю сценарію RCP8.5



Виснаження місцевих водних ресурсів України у дуже маловодні роки
забезпеченістю 95% за сценарієм RCP8.5
за період 2021-2050 рр. у порівнянні із базовими даними

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю визначення вразливості водних ресурсів України до змін клімату та оцінки їх можливого стану у майбутньому на базі використання кліматичних сценаріїв

Метою роботи є розроблення критеріїв для розрахунків кліматичних ризиків та установлення ризику формування напруженого, критичного та катастрофічного стану водних ресурсів на прикладі України.

Об'єктом дослідження є негативний вплив змін клімату на водні ресурси.

Предметом дослідження є оцінка ризику зменшення водних ресурсів внаслідок можливих змін клімату.

$$R_{\text{кл.р.}} = p(H.Y.) \cdot V \quad (1)$$

де $R_{\text{кл.р.}}$ – кількісний показник кліматичного ризику;

$p(H.Y.)$ – ймовірність появи небезпечного явища;

V – вразливість об'єкту. Вразливість може розглядатись як функція або ступінь схильності об'єкту до сприйняття негативного впливу.

$$V = \Pi \cdot N \quad (2)$$

де Π – відсоток пошкоджень;

N – збиток від пошкоджень.

$$R_{\text{кл.р.}} = p(H.Y.) \cdot \Pi \quad (3)$$

$$R'' = p\Pi,$$

(4)

$$\text{де } p = n/N$$

Згідно із рекомендаціями ООН зменшення середньої багаторічної величини річного стоку

на 10 % розглядається як статистично значуще виснаження водних ресурсів;
на 50 % означає їх руйнування;
на 70 % має призвести до безповоротного руйнування водних ресурсів.

Зони ризику

0-10% - відповідає задовільному стану водних ресурсів
10-50% - напружена ситуація
50-70% - критична ситуація

Оцінка кліматичного ризику зменшення місцевих водних ресурсів України по інтервалах для періоду 2021-2050 рр. за сценарієм **RCP4.5**

Відносна частота події, р	Інтервали зменшення водних ресурсів в результаті зміни клімату, %	Виснаження водних ресурсів у межах інтервалу, %	Коефіцієнт кліматичного ризику
0,34	Від 0 до -10	5	1,70
0,20	Від -10 до -20	15	3,00
0,21	Від -20 до -30	25	5,25
0,13	Від -30 до -40	35	4,55
0,02	Від -40 до -50	45	0,90
0,05	Від -50 до -60	55	2,75
0,03	Від -60 до -70	65	1,95
0,02	Від -70 до -100	85	1,70



Дякую за увагу!

