

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ВОДНІ РЕСУРСИ ВОДОЗБОРУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ У СЦЕНАРНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ

Н.С. Лобода, проф., д.геогр.н.

Ю.В. Божок, м.н.с

Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, julia_bojok@mail.ru

Проведено аналіз закономірностей коливань кліматичних чинників формування стоку на водозборі Куяльницького лиману за даними сценаріїв зміни клімату А1В (модель REMO) та А2 (модель RCA) з використанням різницево-інтегральних кривих. Установлені основні тенденції зміни водних ресурсів Куяльницького лиману на основі моделі «клімат-стік» у майбутньому. Показано, що до середини XXI сторіччя за сценарієм А1В можливе зменшення водних ресурсів басейну Куяльницького лиману на 40%. За сценарієм А2 водні ресурси північної частини басейну можуть зростати в середньому на 20-30%, а стік у південній частині може зменшитись в середньому на 10%.

Ключові слова: водні ресурси, Куяльницький лиман, глобальне потепління, сценарії зміни клімату, модель «клімат-стік».

1. ВСТУП

На сьогоднішній день глобальна зміна клімату є гострою проблемою, вплив якої набув планетарних масштабів. Є підстави очікувати перерозподіл меж природно-кліматичних зон, порушення кліматичної рівноваги. Зміни глобального клімату зумовлюють і зміни водних ресурсів, які, в свою чергу, визначають стан навколишнього середовища, вони пов'язані із соціальним становищем суспільства і здоров'ям людини. Тому наукові дослідження, спрямовані на вивчення тенденцій впливу змін температурного режиму на стан природних ресурсів, набувають великого значення. Поєднання змін кліматичних умов з існуючими водогосподарськими заходами може привести до перегляду стратегії розвитку промисловості, сільського господарства та природоохоронних заходів в Україні [1].

Об'єктом дослідження є Куяльницький лиман. Він є унікальною природною системою з численними природними ресурсами, які можуть бути використані для соціально-економічного розвитку прилеглих до нього територій Одеської області в сферах рекреації, екологічного туризму, охорони здоров'я. Цей лиман належить до групи закритих лиманів і є одним з найстародавніших на території Північно-Західного Причорномор'я. Він відомий як важливий рекреаційний і бальнеологічний об'єкт державного значення. Високі лікувальні властивості мають ропа та грязі лиману. Зменшення водних ресурсів лиману в умовах змін клімату та водогосподарської діяльності суттєво впливає на його гідроекологічний стан, спричиняючи обміління та засолення [2,3].

Метою дослідження є оцінка можливих змін характеристик клімату та водних ресурсів басейну Куяльницького лиману за сценаріями глобального потепління А1В і А2 на основі моделі «клімат-стік».

Зміст роботи відповідає напряму Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (ратифікована 29 жовтня 1996 року), Кіотському протоколу (ратифікований 4 лютого 2004 року), Регіональній програмі розвитку водного господарства Одеської області на період до 2021 року (затверджена рішенням Одеської обласної ради №882-VI від 18 вересня 2013 р.) та Регіональній програмі по збереженню та відновленню водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману на 2012-2016 рр. (затверджена зі змінами рішенням Одеської обласної ради №1023-VI від 21 лютого 2014 р.).

Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи кафедри гідроекології та водних досліджень Одеського державного екологічного університету «Комплексне управління водними ресурсами басейну Куяльницького лиману та його гідроекологічним станом в умовах господарської діяльності і кліматичних змін» (№ д/р 0115U000631).

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Водозбір басейну Куяльницького лиману відноситься до території Північно-Західного Причорномор'я, яка достатньо освітлена даними метеорологічних спостережень, але слабо вивчена у гідрологічному відношенні. На розглядуваній території не збереглося річок з природними умовами формування стоку [4]. Стік, який вимірюється, є «побутовим», тобто перетвореним водогосподарською діяльністю.

Існуючі просторово-часові узагальнення характеристик стоку Північно-Західного Причорномор'я носять наближений характер: їх ізолнії представлені пунктиром, у багатьох випадках для розрахунків рекомендується застосування методу аналогії та районування [5].

У останні десятиріччя до антропогенних чинників формування стоку [6] додалися зміни глобального

клімату, які також призвели до порушення водного режиму річок та водойм [7].

Аналіз змін характеристик клімату і стоку річок Північно-Західного Причорномор'я в останні десятиліття наведено у роботі [8].

Найбільш перспективним підходом до визначення характеристик стоку в умовах відсутності або недостатності даних гідрологічних спостережень, а також значної їх трансформації антропогенними чинниками, включаючи глобальне потепління, є побудова математичних моделей стоку, в основі яких лежить використання метеорологічних даних.

3. ОПИС ОБ'ЄКТА І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

В Одеському державному екологічному університеті під керівництвом проф. Є.Д. Гопченка та проф. Н.С. Лободи була розроблена модель річного стоку, яка базується на використанні метеорологічних даних і відноситься до моделей типу «клімат-стік» [4,9]. Модель розглядає кліматичні чинники формування стоку та вплив підстильної поверхні, включаючи водогосподарську діяльність. Вона складається з двох частин. Перша частина дозволяє виконувати оцінку природного річного стоку на основі метеорологічних даних, друга – оцінку побутового (перетвореного водогосподарською діяльністю) стоку. На вході у першу частину моделі використовуються метеорологічні дані, у другу – природний або непорушений водогосподарською діяльністю річний стік та кількісні показники водогосподарських перетворень. Теоретичною базою першої частини є рівняння водно-теплового балансу водозбору, другої – рівняння водогосподарського балансу водозбору, представлене у стохастичній (ймовірнісній) формі. Модель розглядає ланцюг послідовностей формування стоку: «клімат → кліматичний стік → підстильна поверхня → природний стік → водогосподарські перетворення → побутовий стік». Таким чином, вивчається та моделюється робота водогосподарської системи, яка зазнає зовнішніх (кліматичних) та внутрішніх (водогосподарських) впливів й певним чином реагує на ці впливи [4,9].

Стік, визначений за рівнянням водно-теплового балансу, відображає взаємодію ресурсів зволоження (\bar{X}) та тепла (\bar{E}_m), через що одержав назву «кліматичного» і позначався як \bar{Y}_K . Є.Д. Гопченко та Н.С. Лобода показали, що для водозборів із усталеним підземним живленням норма кліматичного річного стоку ототожнюється з природним зональним стоком. Модель була апробована на річках різних географічних зон та при різних площах водозборів. Середнє відносне відхилення розрахованих та фактичних значень природного річного стоку знаходиться у межах $\pm 10\%$. Модель «клімат-стік» успішно застосована для розрахунків і прогнозів водних ресурсів

України за даними сценаріїв глобального потепління [10,11].

У сучасних математичних моделях загальної циркуляції атмосфери і океану, які пов'язуються із типом розвитку суспільства, надається просторовий розподіл у вузлах регулярної сітки, яка з роками стає більш детальною [12]. За сценаріями для кожного вузла надаються дані про середні місячні опади, температури повітря по місяцях та вологість ґрунту. Така інформація дозволяє виконувати розрахунки стоку по місяцях та сезонах з використанням рівняння водно-теплового балансу, яке для умов змін клімату набуде вигляду

$$Y'_K = X' + (w_1 - w_2)' - E'_m \left[1 + \left(\frac{X' + (w_1 - w_2)'}{E'_m} \right)^{-n} \right]^{\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

де \bar{Y}'_K - величина кліматичного стоку за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм; E'_m - величина максимально можливого випаровування за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм; X' - сума річних опадів за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм; n - параметр, який інтегрує фізико-географічні умови формування стоку; $(w_1 - w_2)'$ - зміна запасів води у ґрунті за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм. Для багаторічного періоду $(w_1 - w_2)' = 0$.

Для дослідження зміни кліматичних чинників формування стоку та водних ресурсів басейну Куяльницького лиману у майбутньому були розглянуті сценарії зміни клімату А1В та А2.

Сценарій А1В реалізований в регіональній кліматичній моделі REMO, яка розроблена в Інституті метеорології імені Макса Планка в Гамбурзі, Німеччина. REMO об'єднує колишню чисельну модель прогнозу погоди EUROPA-MODEL для розрахунків термодинамічних характеристик і блок глобальної кліматичної моделі ECHAM5 [13]. В межах сценарію А1В досліджувався період 1951-2050 рр.

В основі сценарію А2 лежить регіональна модель RCA, яка розробляється в Центрі Росбі (Швеція) з 1997 року. Базовою моделлю для неї є модель прогнозу погоди HIRLAM. У новій версії моделі RCA3 було значно поліпшено представлення підстильної поверхні [14]. Відноситься до глобальної кліматичної моделі ECHAM5. В межах сценарію А2 розглядався період 1951-2050 рр.

У розглянутих сценаріях А1В та А2 горизонтальний розмір координатної сітки становить 255*170 вузлів (охоплює всю територію Європи). Кроком розрахунків є 15 хвилин або 25 км.

На водозборі Куяльницького лиману та прилеглих територій було виділено 12 точок-вузлів координатної сітки сценаріїв (рис. 1).

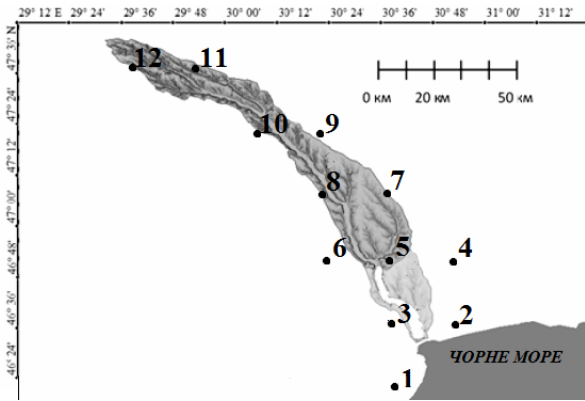


Рис. 1 – Розташування вузлових точок на території водозбору Куяльницького лиману та прилеглих територій

4. ОПИС І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для аналізу закономірностей коливань річних сум опадів та температур повітря на водозборі Куяльницького лиману та прилеглих територій за сценаріями глобального потепління А1В та А2 були побудовані різницево-інтегральні криві цих гідрометеорологічних характеристик.

Аналіз різницево-інтегральних кривих показав, що за сценарієм А1В у період 1951-2100 рр. температура повітря буде знаходитися у додатній фазі з 2027 р. Аналіз коливань річних сум опадів показав, що багатоводними є періоди 1993-2007 рр., 2020-2030 рр., 2049-2072 рр., маловодними – 2008-2019 рр., 2031-2048 рр., 2073-2091 рр (рис. 2). Від’ємні та додатні фази коливань утворюють повні цикли водності.

За сценарієм А2 (1951-2050 рр.) річна температура повітря знаходиться у від’ємній фазі з 1988 р. та переходить у додатну фазу у 2034 р. Річні суми опадів, згідно різницево-інтегральних кривих, знаходяться у маловодній фазі у періоди 1975-2005 рр., 2023-2040 рр., багатоводна фаза спостерігається у 2006-2022 рр.

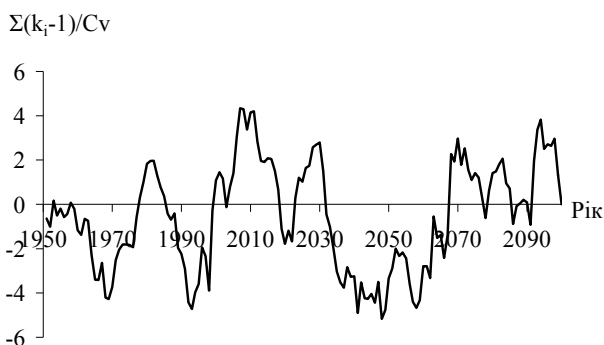


Рис. 2 – Різницево-інтегральна крива річних сум опадів за даними сценарію А1В на метеостанції Затишшя, 1951-2100 рр.

При порівнянні коливань різницевих інтегральних кривих сценарних та фактичних річних температур

повітря (рис. 3) установлена синфазність коливань для сценарію А1В та асинфазність для сценарію А2.

$\Sigma(k_i-1)/C_v$

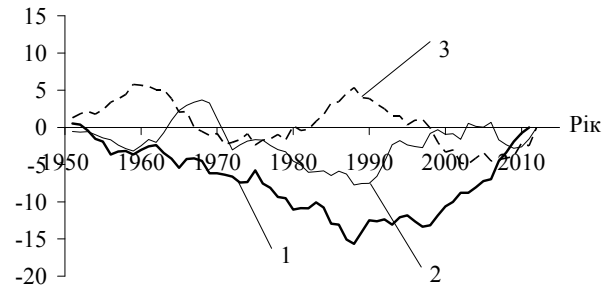


Рис. 3 – Різницево-інтегральні криві річних температур повітря на метеостанції Любашівка, 1951-2012 рр. (1 – за спостереженими даними, 2 – за даними сценарію А1В, 3 – за даними сценарію А2)

В роботі проведено аналіз можливих змін клімату та кліматичного стоку в басейні Куяльницького лиману за обраними сценаріями по таких послідовних часових інтервалах: для сценарію А1В - з початку спостережень до 1989 р. та за періодами 1990-2020 рр., 2021-2050 рр., 2051-2080 рр., 2051-2100 рр.; для сценарію А2 - з початку спостережень до 1989 р. та за періодами 1990-2020 рр., 2021-2050 рр.

Період до 1989 р. відповідає кліматичним умовам минулого сторіччя до початку суттєвого впливу глобального потепління на формування річного стоку. На той час норма річного кліматичного стоку у межах Північно-Західного Причорномор’я змінювалася від 10 мм до 50 мм [4]. Норми річних опадів у басейні Куяльницького лиману змінювалися від 455 мм до 520 мм, норми максимально можливого випаровування від 925 до 985 мм, а норма кліматичного річного стоку від 13 до 30 мм (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристики кліматичних чинників та водних ресурсів басейну Куяльницького лиману до початку глобального потепління (до 1989 р.)

№ точки	Координати		\bar{X} , мм	\bar{E}_m , мм	\bar{Y}_K , мм
	Град. сх.д.	Град. пн.ш.			
1	30,625	46,375	455	985	13
2	30,875	46,625	455	978	14
3	30,625	46,625	462	978	15
4	30,875	46,875	470	973	18
5	30,625	46,875	475	970	18
6	30,375	46,875	478	965	18
7	30,625	47,125	478	960	22
8	30,375	47,125	480	958	22
9	30,375	47,375	490	945	25
10	30,125	47,375	495	940	25
11	29,875	47,625	505	927	29
12	29,625	47,625	520	925	30
Сер.			480	959	21

Розрахунки показали, що за сценарієм А1В у ХХІ сторіччі в середньому на досліджуваному водозборі опади змінюватись майже не будуть (табл. 2), проте, передбачається поступове збільшення максимально можливого випаровування (табл. 3), що призведе до зменшення водних ресурсів майже на 50% до кінця ХХІ сторіччя (табл. 4).

Згідно сценарію А2 у середині сторіччя в нижній частині водозбору очікується зменшення ресурсів вологи, а у середній та верхній частинах – збільшення (табл. 2). Теплоенергетичні ресурси клімату у цей час будуть майже незмінними (табл. 3). Це призведе до

того, що біля верхів'я Куяльницького лиману утвориться межа між областями збільшення та зменшення стоку. Так, у нижній частині передбачається зниження водних ресурсів до 30%, а у верхній частині можливе зростання стоку до 60% (табл. 4).

Для більш наочного представлення змін водних ресурсів у середині ХХІ сторіччя на рисунку показано просторовий розподіл відносних відхилень (δ , %) норм річного кліматичного стоку за період 2021-2050 рр. у порівнянні із фактичними даними до 1989 р. (рис. 4а, 4б).

Таблиця 2 – Зміни ресурсів вологи у басейні Куяльницького лиману за сценаріями зміни клімату А1В та А2 в різні часові інтервали

№ точки	Середні багаторічні значення річних сум опадів, мм												
	до 1989 р.	за сценарієм А1В								за сценарієм А2			
		1990-2020 рр.	δ , %	2021-2050 рр.	δ , %	2051-2080 рр.	δ , %	2051-2100 рр.	δ , %	1990-2020 рр.	δ , %	2021-2050 рр.	δ , %
1	455	445	-2	421	-7	460	1	449	-1	428	-6	407	-11
2	455	439	-3	427	-6	465	2	455	0	446	-2	429	-6
3	462	449	-3	433	-6	470	2	460	0	460	0	444	-4
4	470	444	-6	432	-8	473	1	465	-1	481	2	471	0
5	475	449	-6	435	-8	473	0	465	-2	491	3	482	1
6	478	458	-4	446	-7	480	0	471	-1	510	7	503	5
7	478	465	-3	457	-4	497	4	489	2	504	5	506	6
8	480	466	-3	467	-3	498	4	489	2	518	8	522	9
9	490	499	2	508	4	536	9	527	8	515	5	528	8
10	495	492	-1	499	1	521	5	513	4	527	7	543	10
11	505	522	3	510	1	528	4	520	3	579	15	595	18
12	520	513	-1	498	-4	510	-2	502	-3	579	11	595	14
Сер.	480	470	±3	461	±5	493	±3	484	±2	503	±6	502	±8

Таблиця 3 – Зміни теплоенергетичних ресурсів у басейні Куяльницького лиману за сценаріями А1В та А2 в різні часові інтервали

№ точки	Середні багаторічні значення максимально можливого випаровування, мм												
	до 1989 р.	за сценарієм А1В								за сценарієм А2			
		1990-2020 рр.	δ , %	2021-2050 рр.	δ , %	2051-2080 рр.	δ , %	2051-2100 рр.	δ , %	1990-2020 рр.	δ , %	2021-2050 рр.	δ , %
1	985	1046	6	1100	12	1183	20	1211	23	946	-4	981	0
2	978	1026	5	1076	10	1158	18	1187	21	940	-4	975	0
3	978	1047	7	1097	12	1179	21	1209	24	947	-3	982	0
4	973	1024	5	1070	10	1151	18	1181	21	932	-4	965	-1
5	970	1034	7	1080	11	1162	20	1192	23	942	-3	976	1
6	965	1043	8	1089	13	1170	21	1201	24	948	-2	981	2
7	960	1025	7	1067	11	1148	20	1179	23	930	-3	961	0
8	958	1030	8	1071	12	1152	20	1184	24	934	-3	964	1
9	945	1024	8	1062	12	1146	21	1177	25	917	-3	946	0
10	940	1018	8	1058	13	1142	21	1173	25	912	-3	940	0
11	927	993	7	1035	12	1118	21	1149	24	882	-5	909	-2
12	925	981	6	1023	11	1106	20	1136	23	869	-6	897	-3
Сер.	959	1024	7	1069	12	1151	20	1182	23	925	-4	957	±1

Таблиця 4 – Зміни водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману за сценаріями зміни клімату А1В та А2 в різні часові інтервали

№ точки	Середні багаторічні значення кліматичного стоку, мм												
	до 1989 р.	за сценарієм А1В						за сценарієм А2					
		1990-2020 рр.	δ, %	2021-2050 рр.	δ, %	2051-2080 рр.	δ, %	2051-2100 рр.	δ, %	1990-2020 рр.	δ, %	2021-2050 рр.	δ, %
1	13	10,9	-16	7,6	-41	8,7	-33	7,4	-43	12,5	-4	9,2	-29
2	14	10,9	-22	8,5	-39	9,6	-31	8,3	-41	14,8	6	11,5	-18
3	15	11,2	-25	8,6	-43	9,5	-37	8,2	-46	16,3	9	12,8	-14
4	18	11,5	-36	9,1	-50	10,5	-42	9,1	-50	20,2	12	16,9	-6
5	18	11,6	-36	9,1	-49	10,2	-43	8,8	-51	21,2	18	17,9	-1
6	18	12,3	-32	9,7	-46	10,6	-41	9,1	-49	24,1	34	20,7	15
7	22	13,6	-38	11,3	-49	12,8	-42	11,1	-50	24,2	10	22,5	2
8	22	13,5	-38	12,2	-44	12,7	-42	11,0	-50	26,5	21	25,0	14
9	25	17,9	-28	17,2	-31	17,2	-31	14,9	-40	27,2	9	27,4	10
10	25	17,3	-31	16,3	-35	15,6	-38	13,6	-46	30,2	21	30,9	24
11	29	23,0	-21	18,8	-35	17,3	-40	15,1	-48	46,1	59	47,2	63
12	30	22,4	-25	17,8	-41	15,7	-48	13,7	-54	47,7	59	48,6	62
Сер.	21	15	-29	12	-42	13	-39	11	-47	26	±22	24	±21

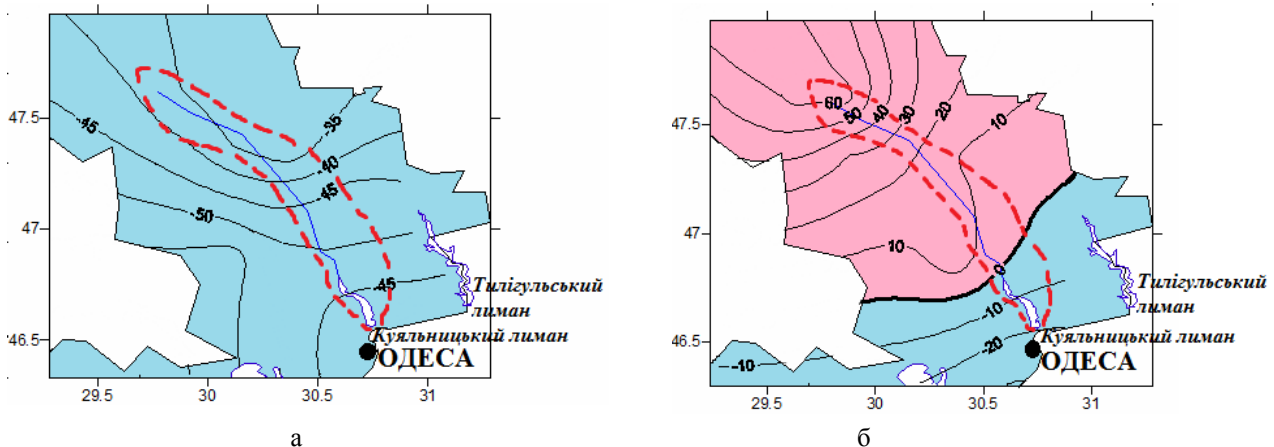


Рис. 4 - Просторовий розподіл відносних відхилень (%) норм річного кліматичного стоку за період 2021-2050 рр. у порівнянні із фактичними даними до 1989 р. на території водозбору Куяльницького лиману (а - за сценарієм А1В, б - за сценарієм А2) (- - - - межі водозбору Куяльницького лиману)

5. ВИСНОВКИ

За сценарієм А1В водні ресурси басейну Куяльницького лиману будуть зменшуватися у межах усього водозбору. У період 1990-2020 рр. це зменшення буде досягати 30%. У 2021-2050 рр. зменшення перевищить 40%, а до кінця ХХІ сторіччя – 60%. Сценарій А2 є більш «поблажливим» для стану водних ресурсів розгляданого басейну, у зв'язку з майже незмінним температурним режимом на фоні незначного збільшення ресурсів вологи у північній частині водозбору та зменшенням – у південній. В результаті в ХХІ сторіччі за сценарієм А2 водні ресурси північної частини можуть зростати в середньому на 20-30%, а стік

у південній (прилиманній) частині може зменшуватись в середньому на 10%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: монографія / Під ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса: Екологія, 2011. – 605 с.
2. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья: монографія / Под ред. Ю.С. Тучковенко, Е.Д. Гопченко. – Одеса: ТЕС, 2012 – 224 с.
3. Оцінка можливих змін гідроекологічного режиму Куяльницького лиману під впливом глобальних кліматичних змін: Звіт з НДР (№ д/р 0112U007606). Од. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2012. – 147 с.
4. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-

- западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях): монография. – Киев: КНТ, 2005. – 188 с.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.
 6. Стан гідрографічної мережі річки Великий Куяльник в умовах водогосподарських перетворень на її водозбірному басейні: Звіт з НДР (№ д/р 0110U008222). Од. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2011. – 165 с.
 7. Лобода Н.С. Оцінка водних ресурсів річок басейну Тилігульського лиману в умовах змін глобального клімату / Н.С. Лобода, Ю.В. Божок // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: наук. збірник. – 2014. – Т. 1(32). – С. 32-40.
 8. Loboda N., Bozhok Y. Impact of Climate Change on Water Resources of North-Western Black Sea Region / N.Loboda, Y. Bozhok // International Journal of Research In Earth and Environmental Sciences, 2015, Vol. 02, No. 9, pp. 1-6.
 9. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
 10. Лобода Н.С. Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В) / Н.С. Лобода, З.Ф. Сербова, Ю.В. Божок // Український гідрометеорологічний журнал. – 2014. – Вип. 15. - С. 149-159.
 11. Лобода Н.С. Оцінка впливу змін клімату на водні ресурси України на основі моделі «клімат-стік» за сценарієм глобального потепління А2 / Н.С. Лобода, З.Ф. Сербова, Ю.В. Божок // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36). – С. 8-17.
 12. IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2007, 996 p.
 13. Roeckner E., Arpe K., Bengtsson L. and co-authors. The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate / Max-Planck-Institute fur Meteorologie, Report, 1996, No.218, 90 p.
 14. Samuelsson P., Jones C.G., Willén U. and co-authors. The Rossby centre regional climate model RCA3: Model description and performance. *Tellus*, 2011, 63A, pp. 4–23.
 - alnyk Liman under the influence of global climate change]: Zvit z NDR (№ 0112U007606). Od. derzh. ekol. un-t. Odessa, 2012. 147 p.
 4. Gopchenko E.D., Loboda N.S. *Vodnye resursy severo-zapadnogo Prichernomor'ja (v estestvennyh i narushennyh hozjajstvennoj dejatel'nost'ju uslovijah)* [Water resources of the North-Western Black Sea Region (in natural and disturbed by economic activity conditions)]. Kiev: KNT, 2005. 188 p.
 5. *Posobie po opredeleniju raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik* [Manual for the definition of estimated hydrological characteristics]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984. 447 p.
 6. *Stan gidrografichnoi' merezhi richky Velykij Kujal'nyk v umovah vodogospodars'kyh peretvoren' na i'i' vodozbiromu basenji* [State of hydrographic network of the Great Kuyalnyk River drainage in terms of water management in its catchment area]: Zvit z NDR (№ 0110U008222). Od. derzh. ekol. un-t. Odessa, 2011. 165 p.
 7. Loboda N.S., Bozhok Ju.V. Assessment of water resources in the basin of Tyligul estuary in the conditions of global climate change. *Gidrologija, gidrohimiya i gidroekologija - Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2014, T.1(32). pp. 32-40 (in Ukrainian).
 8. Loboda N., Bozhok Y. Impact of Climate Change on Water Resources of North-Western Black Sea Region. *International Journal of Research In Earth and Environmental Sciences*, 2015, vol. 02, no. 9, pp. 1-6.
 9. Loboda N.S. *Raschety i obobshhenija harakteristik godovogo stoka rek Ukrainy v uslovijah antropogennogo vlijanija* [Calculations and summarizing of the annual flow characteristics of the Ukrainian rivers in the conditions of anthropogenic influence]. Odessa: Ekologija, 2005. 208 p.
 10. Loboda N.S., Serbova Z.F., Bozhok Ju.V. Impact of climate change on water resources of Ukraine in present and future conditions (under scenarios of global warming A1B). *Ukr. gidrometeorol. ž. - Ukrainian hydrometeorological journal*, 2014, vol. 15, pp. 49-159 (in Ukrainian).
 11. Loboda N.S., Serbova Z.F., Bozhok Ju.V. The assessment of the impact of climate change on water resources of Ukraine based on the model "climate-runoff" under global warming scenario A2. *Gidrologija, gidrohimiya i gidroekologija - Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2015, vol.1(36), pp. 8-17 (in Ukrainian).
 12. *IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2007, 996 p.
 13. Roeckner E., Arpe K., Bengtsson L. and co-authors. The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate. *Max-Planck-Institute fur Meteorologie, Report*, 1996, no. 218, 90 p.
 14. Samuelsson P., Jones C.G., Willén U. and co-authors. The Rossby centre regional climate model RCA3: Model description and performance. *Tellus* 2011, 63A, pp. 4–23.

REFERENCES

1. Stepanenko S.M., Pol'ovyj A.M. (Eds). *Ocinka vplyvu klimatychnyh zmin na galuzi ekonomiky Ukrainy* [Assessing the impact of climate change on economics of Ukraine]. Odessa: Ekologija, 2011. 605 p.
2. Tuchkovenko Yu.S., Gopchenko E.D. *Aktual'nye problemy limanov severo-zapadnogo Prichernomor'ya* [Actual problems of estuaries of North-Western Black Sea Region]. Odessa: TES, 2012. 224 p.
3. *Ocinka mozhyvyh zmin gidroekologichnogo rezhymu Kujal'nyc'kogo lymanu pid vplyvom global'nyh klimatychnyh zmin*: [Assessment of possible changes in hydroecological regime of Kuy-

**IMPACT OF CLIMATE CHANGES ON WATER RESOURCES OF KUYALNYK LIMAN
CATCHMENT IN SCENARIO CLIMATE CONDITIONS**

N.S. Loboda, prof., Dr Geogr. Sci.

Y.V. Bozhok, junior research worker

Odessa State Environmental University, 15 Lvivska str., 65016, Odessa, Ukraine

The actuality of research is conditioned by necessity of water regime determination under climate change for substantiate management its water resources in future. The purpose of investigation is evaluation of changes in water resources of Kuyalnyk Liman catchment under climate change.

The main method of research is model "climate- runoff ", developed at the Odessa State Environmental University. Database of global climate change scenarios A1B (realized in regional climate model REMO) and A2 (developed under the regional climate model RCA) was used.

The analysis of fluctuation regularity of climatic factors of the flow formation on the Kuyalnyk Liman catchment and surrounding areas according to selected scenarios using difference-integral curves are done. Changes in precipitation and the maximum possible evaporation for the 30-year intervals up to the year 2100 (scenario A1D) or up to the year 2050 (scenario A2) are analyzed. The main tendencies in water resources of Kuyalnyk Liman using the model "climate- runoff" in the future are established. It is shown that according to the scenario A1B by the middle of XXI century possible reduction of water resources in the Kuyalnyk Liman catchment is 40%. According to the scenario A2 water resources in northern part of the basin can grow on average by 20-30%, and in the southern part runoff can be reduced on average by 10%.

Keywords: water resources, Kuyalnyk Liman, global warming, climate change scenarios, model "climate-runoff".

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ВОДОСБОРА КУЯЛЬНИЦКОГО
ЛИМАНА В СЦЕНАРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Н.С. Лобода, проф., д.геогр.н.

Ю.В. Божок, м.н.с

Одесский государственный экологический университет, ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина

Проанализированы закономерности колебаний климатических факторов формирования стока на водосборе Куяльницкого лимана и прилегающих территорий по данным сценариев изменения климата А1В (модель REMO) и А2 (модель RCA) с использованием разностно-интегральных кривых. Установлены основные тенденции изменения водных ресурсов Куяльницкого лимана на основе модели «климат-сток», разработанной в ОГЭКУ, в будущем. Показано, что к середине XXI века по сценарию А1В возможно уменьшение водных ресурсов бассейна Куяльницкого лимана на 40%. По сценарию А2 водные ресурсы северной части бассейна могут расти в среднем на 20-30%, а сток в южной части может уменьшиться в среднем на 10%.

Ключевые слова: водные ресурсы, Куяльницкий лиман, глобальное потепление, сценарии изменения климата, модель «климат-сток».

Дата першого подання.: 25.06.2015

Дата надходження остаточної версії :06.07.2015

Дата публікації статті : 26.11.2015