

УДК 556.165

Лобода Н. С., Божок Ю. В.

Одеський державний екологічний університет

ОЦІНКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ РІЧОК БАСЕЙНУ ТИЛІГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ В УМОВАХ ЗМІН ГЛОБАЛЬНОГО КЛІМАТУ

Ключові слова: водні ресурси, Тилігульський лиман, водогосподарська діяльність, глобальне потепління, сценарії змін клімату

Вступ. Внаслідок антропогенної діяльності та кліматичних змін водні ресурси Тилігульського лиману перебувають під загрозою знищення. Зменшення кількості опадів та зростання випаровування як з поверхні суші, так і з водного дзеркала лиману, які відбуваються в умовах глобального потепління на території північно-західного Причорномор'я, у поєднанні із впливом водогосподарської діяльності обумовлюють зменшення водних ресурсів річок, що живлять лиман, та ініціюють процес обміління самого лиману [1]. Зменшення припливу прісних вод до Тилігульського лиману та значний прогрів води улітку викликають «цвітіння» водойми, що призводить до розвитку в її шарах гіпоксії та аноксії, й сприяють поступовому збільшенню солоності води (засоленню) лиману. У 1960-х роках при наявності епізодичного водообміну з морем через з'єднувальний канал (навесні та восени), солоність води в північній частині лиману коливалась у межах 1–14‰, а в центральній та південній – 10–15‰ (Розенгурт М. Ш., 1974). В сучасних умовах, наприкінці літа та початку осені солоність води як в південній, так і в північній частинах лиману може збільшуватись до 19–22‰. Зростання солоності води обумовлює зміни домінуючого солоновато-водного комплексу риб на морський, для якого характерне значно менше видове різноманіття.

У таких складних умовах формування гідрологічного, гідрохімічного та гідробіологічного режиму Тилігульського лиману особливу практичну значущість набуває задача установаження припливу прісних вод від водотоків, які впадають у лиман, й впливають на його водно-сольовий баланс.

Науково-дослідні роботи по охороні та збереженню природних ресурсів басейну Тилігульського лиману підтримуються обласною державною адміністрацією Одеської області, Міністерством науки і освіти України, міжнародними організаціями (Сьома рамкова програма Європейського співтовариства).

Вихідні передумови. До Тилігульського лиману впадають річки: Тилігул, Балайчук, Царега та балка Хуторська. Найбільшою з них по довжині й площі водозбору ($F = 3550 \text{ км}^2$) є р.Тилігул. Відомості про надходження прісних вод зі стоком річок до Тилігульського лиману обмежуються, головним чином, даними про стік річки Тилігул (Швебс Г.І., Ігошин М.І., 2003). Окремі матеріали про річний, максимальний, мінімальний стік річки Тилігул наведені у “Ресурсах поверхностных вод” (1966) та довідковій літературі, серед яких важливе місце займає “Справочник по водным ресурсам” (1987). Гідрологічний пост р.Тилігул – с.Новоукраїнка був відкритий у 1955 р., а закритий у 1987 р. Його закриття привело до відсутності гідрологічних даних у верхній частині водозбору, де знаходиться область

формування стоку р.Тилігул. Гідрологічний пост р.Тилігул – смт Березівка був відкритий у 1953 р. та діє до сьогодні.

Гідрологічна вивченість річок, які живлять своїм стоком Тилігульський лиман, є недостатньою. На річках Царега ($F = 657 \text{ км}^2$), Балайчук ($F = 586 \text{ км}^2$), балка Хуторська ($F = 108 \text{ км}^2$) гідрологічні спостереження не організовані. Аналіз характеристик річного, максимального та мінімального стоку у створі р.Тилігул – с.Березівка за даними спостережень показав, що стік у цьому створі значно трансформований водогосподарською діяльністю. Точність визначення статистичних параметрів стоку у різні фази його формування не є задовільною через значну його мінливість. Відносні середні квадратичні похибки вибіркового оцінок статистичних параметрів значно перевищують допустимі [1].

Визначення характеристик стоку невивчених у гідрологічному відношенні річок басейну Тилігульського лиману можливе лише на основі літературних джерел або за умови організації спеціальних експедиційних досліджень. При цьому існуючі просторово-часові узагальнення базуються на обмеженій кількості даних, у зв'язку з чим ізолінії характеристик стоку проводяться на картах пунктиром [8, 9].

В Одеському державному екологічному університеті розроблено метод розрахунків характеристик річного стоку річок України при відсутності або недостатності даних спостережень, а також при їх значній трансформації водогосподарською діяльністю [4]. Математична модель стоку, на основі якої розроблявся метод, включає до себе два блоки. У першому блоці виконується визначення характеристик природного річного стоку річок, а у другому – побутового (трансформованого водогосподарською діяльністю). Теоретичною базою першого блоку є водно-тепловий баланс водозбору. Другий блок являє собою результати імітаційного стохастичного моделювання в умовах водогосподарських перетворень [6]. Обидва блоки складають модель типу “клімат-стік”, яка дозволяє виконувати оцінки водних ресурсів України у природних та порушених водогосподарською діяльністю умовах на базі даних про клімат, включаючи дані сценаріїв змін глобального клімату. Стік, розрахований за метеорологічними даними, отримав назву “кліматичного”. Норми річного кліматичного стоку ототожнюються з зональним річним стоком. Для малих та середніх річок з нестабільним підземним живленням установлені коефіцієнти переходу від норм кліматичного до природного стоку, які ураховують вплив чинників підстильної поверхні на формування стоку.

Для розрахунків річного стоку за моделлю “клімат-стік” необхідні дані про такі метеорологічні характеристики як середні місячні температури повітря, суми опадів, дефіцит насичення повітря вологою, відомості про природні та антропогенні чинники підстильної поверхні. За цими даними визначаються теплоенергетичні ресурси клімату та зволоженість території, а також норми кліматичного й природного річного стоку [4].

У роботі [2] для території північно-західного Причорномор'я розроблена карта ізоліній річних норм кліматичного (розрахованого за кліматичними показниками) стоку та регіональні розрахункові формули для визначення характеристик природного й побутового річного стоку. На матеріалах минулих років підтверджена адекватність розрахункових та фактичних даних. Точність розрахунків характеристик річного стоку за моделлю “клімат-стік” становить $\pm 10\%$.

Аналіз водогосподарських перетворень у межах басейну Тилігульського лиману дозволив установити, що основними чинниками, які обумовлюють втрати природних водних ресурсів, є випаровування з поверхні водного дзеркала штучних

водойм та заповнення їх об'ємів. Загальна кількість водойм за уточненими даними Одеського управління по водному господарству (нині – Одеське обласне управління по водним ресурсам) та Миколаївського обласного виробничого управління меліорації й водного господарства на 2012 р. становить близько 140. Ставки розташовані здебільшого у руслах річок та наповнюються за рахунок місцевого стоку. Багато з них обладнано водоскидами автоматичної дії, але є такі, що мають зруйновану греблю та потребують ремонту. Ставки використовуються для риборозведення, водопою скота. Наповнення штучних водойм відбувається не щорічно, а тільки у багатоводні роки. За даними Одеського обласного управління по водному господарству близько 80% штучних водойм річок щорічно пересихає. Це означає, що побудовані ставки акумулюють поверхневий дощовий та повеневий стік, який майже не потрапляє до гирла, й виконують роль штучних випарників. За рахунок господарської діяльності балка Хуторська пересихає як у маловодні, так і багатоводні роки. Практично наближається до нульових значень річний стік на річках Балайчук та Царега як у маловодні, так і у середні за водністю роки. Річка Тилігул характеризується відсутністю стоку у маловодні роки.

Сумарний приплив поверхневих вод від водотоків до Тилігульського лиману становив у природних умовах минулого сторіччя 56 млн.м³; за наявності на водозборах штучних водойм об'єм припливу він зменшився до 38,9 млн.м³. За умов зміни температур повітря й випаровування та опадів може відбутися відповідно й зміна припливу прісних вод до лиману.

Роботи по дослідженню впливу змін глобального клімату на стан навколишнього середовища виконуються в Одеському державному екологічному університеті з 80-х років минулого сторіччя за замовленнями Міністерства науки і освіти України, управління освіти і науки Одеської обласної державної адміністрації та у межах міжнародних програм [5, 7, 12].

Метою представленої роботи є установа водних ресурсів річок басейну Тилігульського лиману у майбутньому за даними сценаріїв глобального потепління на основі моделі “клімат-стік”, розробленої в ОДЕКУ.

Поставлені завдання: визначення кліматичних чинників та річного стоку за періоди 2001-2041, 2041-2070, 2071-2098 рр. на основі даних сценарію глобального потепління для подальшої оптимізації функціонування Тилігульського лиману.

Виклад основного матеріалу. Для оцінки наслідків глобального потепління був розглянутий сценарій змін глобального клімату M10. Обраний сценарій належить сценарній родині A1, яка передбачає високі темпи економічного росту, досягнення максимуму населення планети у середині сторіччя з наступним зниженням його чисельності, а також швидке упровадження нових та ефективних технологій. Сценарна родина A1 розбита на три групи. Група A1B передбачає використання різних видів палива, як викопного, так і не викопного. Першорядним питанням згідно із цим сценарієм буде поступове зближення різних регіонів, активізація культурних та соціальних взаємозв'язків за умов значного зменшення регіональних відмінностей у доході на душу населення. Сценарій зміни клімату A1B 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-MODELL для розрахунків термодинамічних характеристик і блоку глобальної кліматичної моделі ECHAM4 (Roeckner E., K. Arpe L. Bengtsson M. Christoph M. Claussen L. Dumenil M. Esch, U. Schlese, U. Schulzweida, 1996). Сценарій M10 був обраний при виконанні робіт в

ОДЕКУ із 15 запропонованих у межах сценарію А1В як найбільш адекватний фактичним даним гідрометеорологічних спостережень за період 1998-2007 рр.

Для аналізу змін основних кліматичних чинників на основі обраного сценарію глобального потепління М10 у межах басейну річки Тилігул були виділено 5 точок, розташованих у вузлах сітки з кроком 25 км (рис. 1).

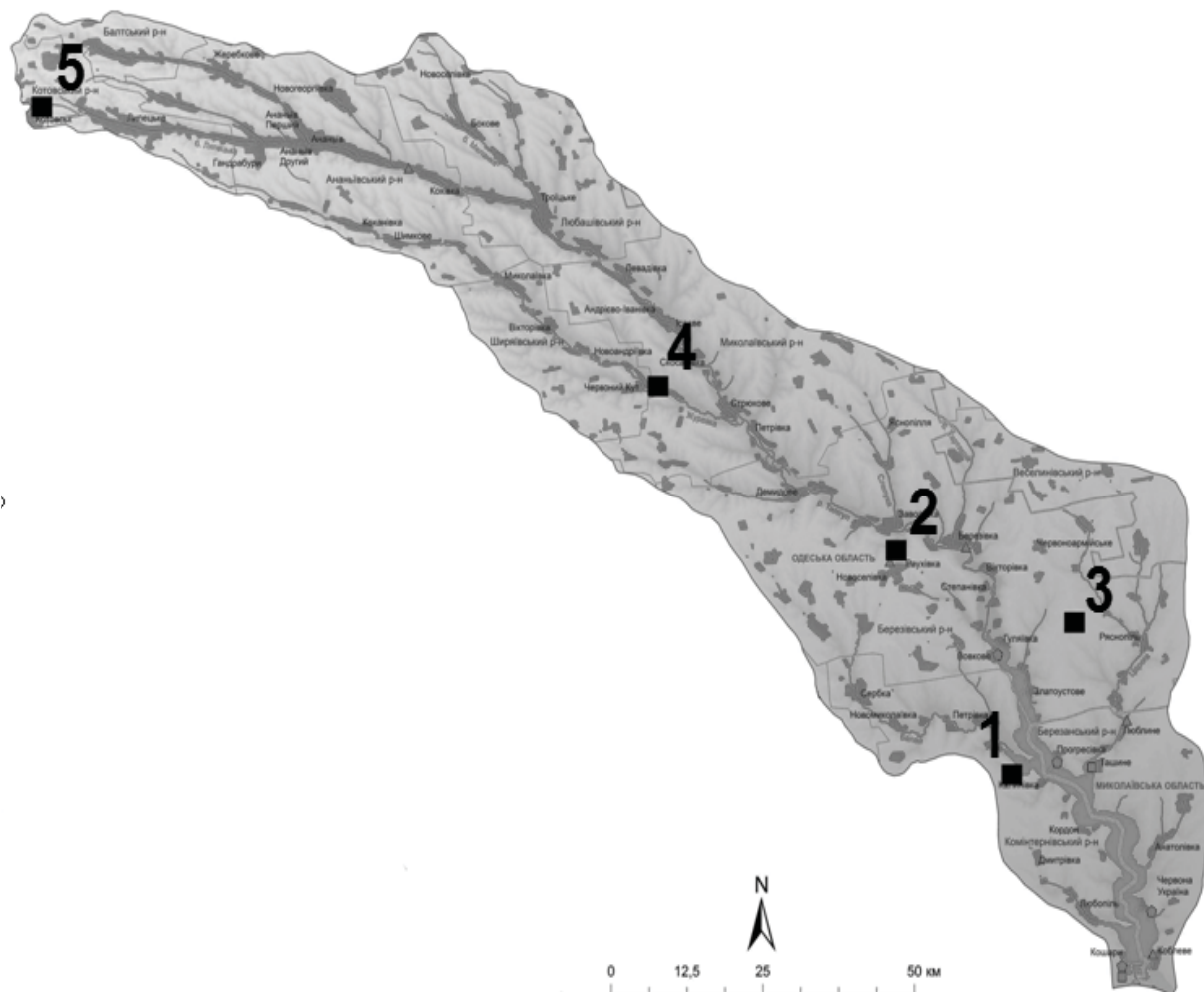


Рис.1. Карта розташування вузлових точок на території водозбору р. Тилігул

У кожній із точок були вивчені та проаналізовані основні метеорологічні характеристики, які визначають складові водно-теплового балансу за наступні розрахункові періоди: 2001-2041, 2041-2070, 2071-2098 рр. Установлене існування статистично значущого тренду у ході температур повітря (рис. 2), який обумовлює збільшення максимально можливого випаровування з поверхні суші (рис. 3). У хронологічному ході річних сум опадів виявлений статистично значущий тренд у період 2031-2070 рр. (рис. 4). При розгляді усього розрахункового періоду у цілому тренду не встановлено. Теж саме можна сказати про суми опадів теплого періоду (рис. 5). Проте у хронологічному ході сум опадів холодного періоду року можна тренди (рис. 6) у період 2031-2070 рр. та 2071-2090рр.

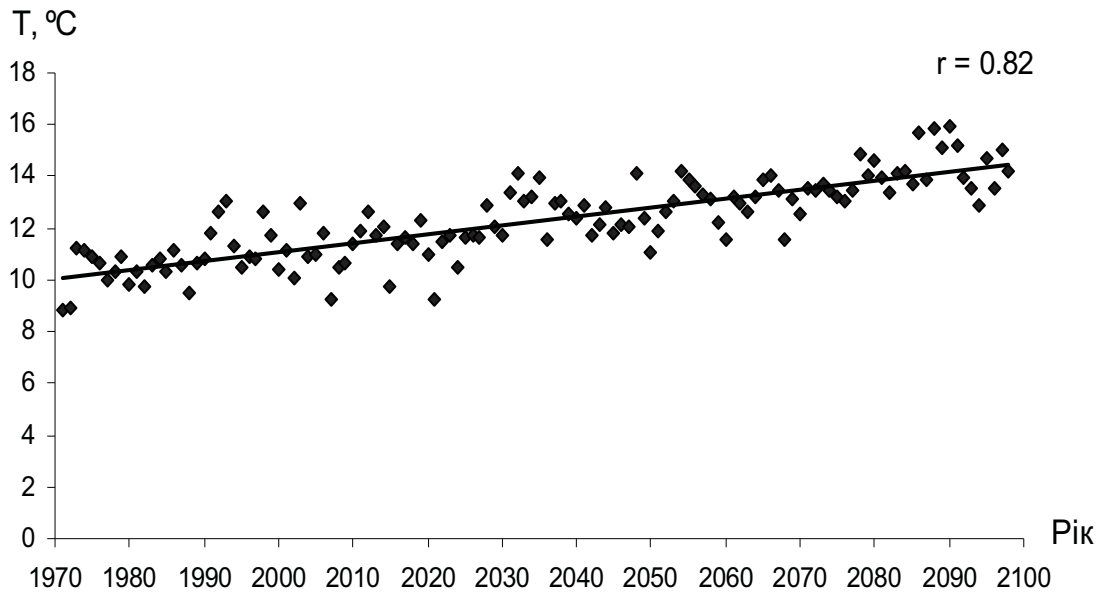


Рис. 2. Хронологічний хід середніх річних температур повітря, точка №2, 1971-2098 рр. (*r* - коефіцієнт кореляції)

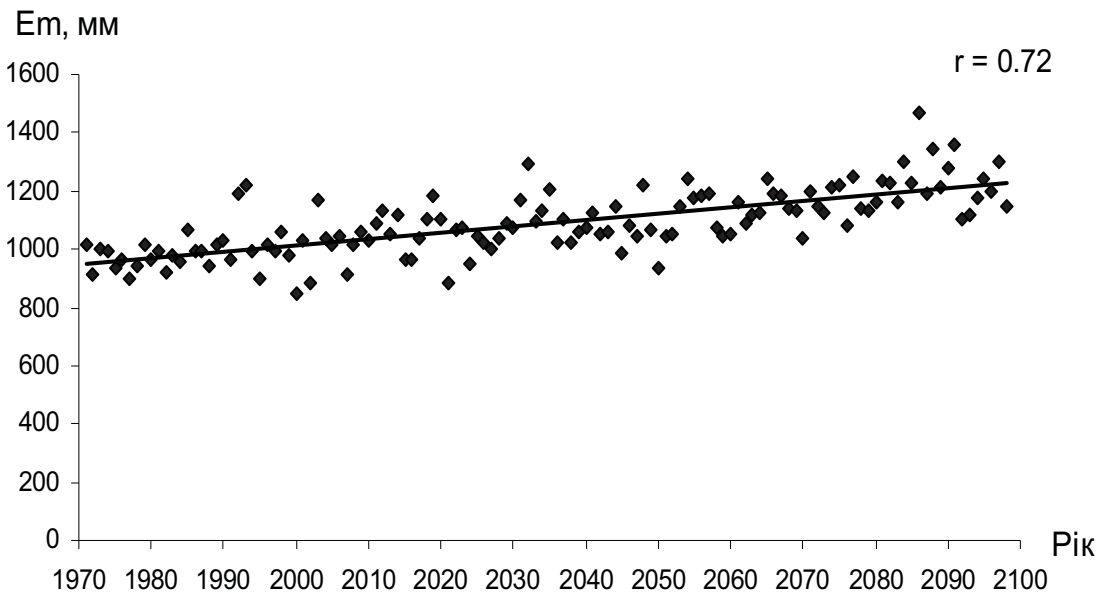


Рис. 3. Хронологічний хід середніх річних значень максимально можливого випаровування, точка №2, 1971-2098 рр. (*r* - коефіцієнт кореляції)

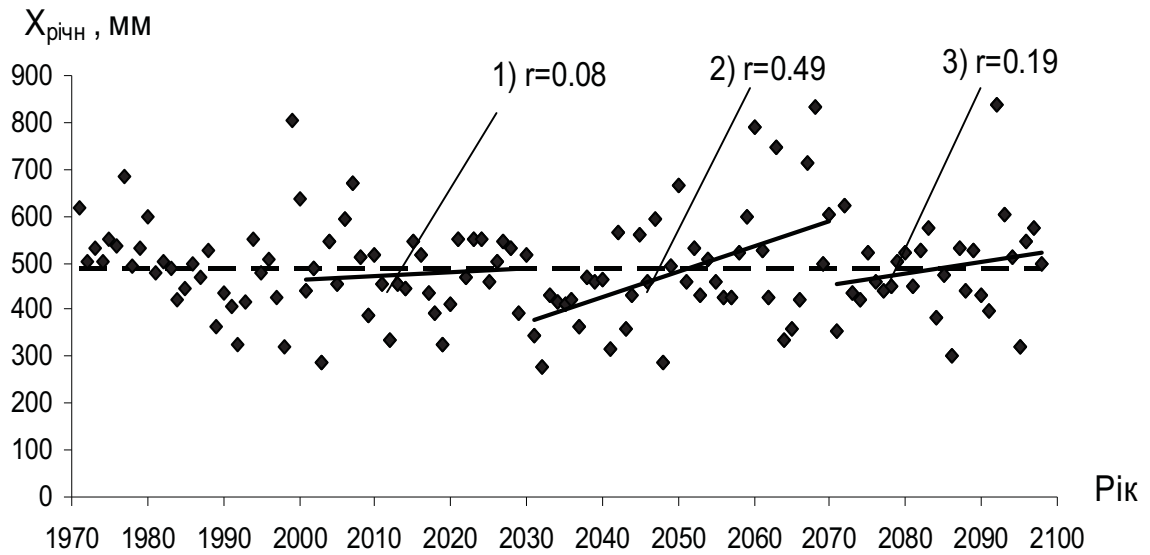


Рис. 4. Хронологічний хід середніх річних сум опадів, точка № 2, 1971-2098 рр.
 (- - - - середнє багаторічне значення, ——— лінія тренду,
 1 – 2001-2030 рр., 2 – 2031-2070 рр., 2071-2098 рр.
r - коефіцієнт кореляції)

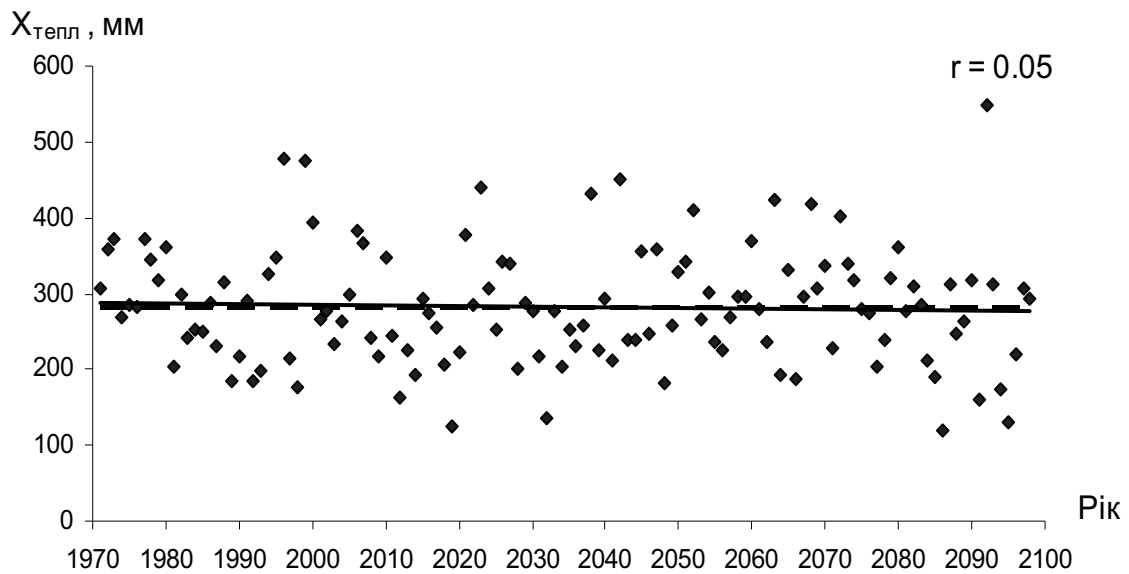


Рис. 5. Хронологічний хід сум опадів теплого (IV-X міс.) періоду, точка №4, 1971-2098 рр.
 (——— лінія тренду, - - - - середнє багаторічне значення;
r - коефіцієнт кореляції)

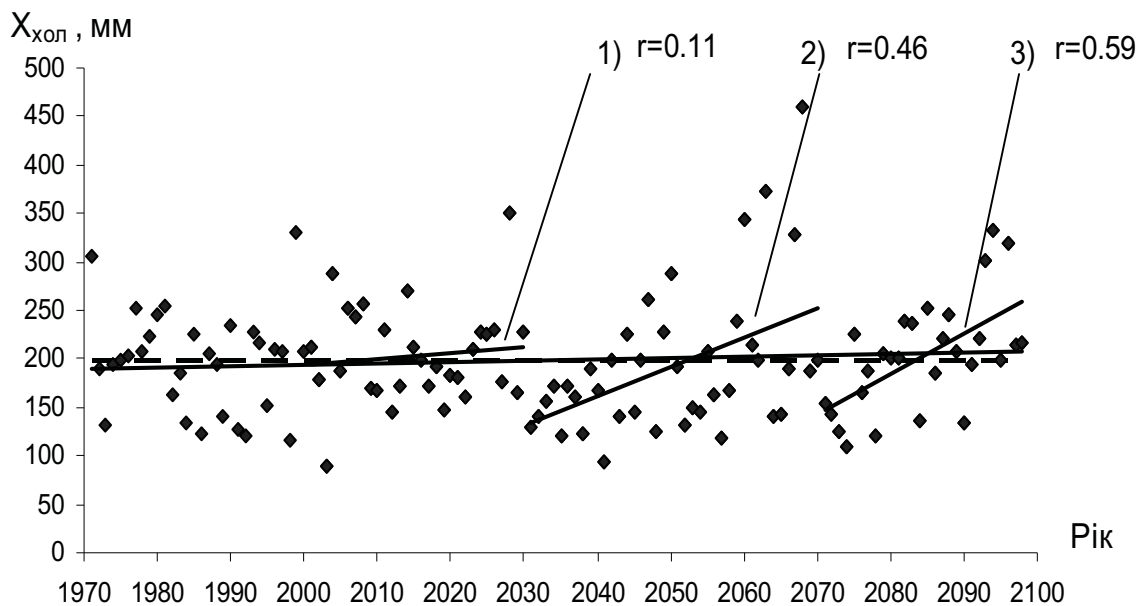


Рис. 6. Хронологічний хід сум опадів холодного (XI-III міс.) періоду, точка №4, 1971-2098 рр.

(- - - середнє багаторічне значення, — лінія тренду,
1 – 2001-2030 рр., 2 – 2031-2070 рр., 2071-2098 рр.)

Аналіз отриманої інформації дозволив зробити висновки, що у межах басейну Тилігульського лиману по мірі переходу від кінця ХХ (1971-2000 рр.) до ХХІ сторіччя середня багаторічна величина максимального можливого випаровування буде зростати до 20%. Суми річних опадів будуть варіювати: суттєве їх зменшення відбудеться у 2001-2040 рр. і досягне 9% у порівнянні із періодом 1971-2000 рр.; у період 2001-2040 рр. середня багаторічна сума опадів зростає на 1,8%, а у 2071-2090 рр. знов відбудеться зменшення опадів до 3%, якщо за базис брати 1971-2000 р.

На основі моделі “клімат-стік” були визначені об’єми припливу прісних вод до Тилігульського лиману у природних (табл. 2) та порушених (табл. 3) водогосподарською діяльністю умовах. За початок періоду значущих змін водних ресурсів України згідно із рекомендаціями В. В.Гребіня [3] прийнятий 1989 р. Отримано, що за сценарієм глобального потепління М10 приплив прісних вод зі стоком річок, режим яких непорушений водогосподарською діяльністю, буде зменшуватися в усі розглянуті розрахункові періоди при порівнянні із періодом до 1989 р.(табл.1). У період 2001-2040рр. очікується зменшення природних водних ресурсів на 48%. За рахунок збільшення опадів середня багаторічна величина річного стоку у 2041-2070рр. дещо зростатиме, проте у подальшому водні ресурси річок басейну Тилігульського лиману знов будуть зменшуватися.

При збереженні сучасного рівня водогосподарської діяльності у 2001-2040рр. надходження прісних вод від водотоків до Тилігульського лиману в умовах глобального потепління зменшиться на 64,8%; у 2041-2070рр. - на 72%; у 2071-2098рр. на 76% при порівнянні із нормою річного побутового стоку до 1989 р.(табл. 2). У 2071-2098 рр. надходження прісних вод від річок Царега, Балайчук, Хуторська та боковий приплив майже припиниться. При порівнянні із водними ресурсами минулого сторіччя надходження вод від р. Тилігул у природних умовах для періоду

2071-2098 рр. зменшиться на 61%, а в умовах водогосподарських перетворень – на 81%.

Таблиця 1. Зміни річного припливу прісних вод до Тилігульського лиману в природних (непорушених водогосподарською діяльністю умовах) у різні часові інтервали

| Річка | Приплив прісних вод $\bar{W}_{пр}$, млн.м ³ | | | |
|------------------|---|---------------|--------------|--------------|
| | до початку впливу глобального потепління (до 1989р.) | 2001-2040 рр. | 2041-2070рр. | 2071-2098рр. |
| Тилігул | 46,0 | 24,1 | 28,4 | 17,8 |
| Царега | 3,9 | 1,91 | 2,63 | 1,97 |
| Балайчук (Балай) | 4,1 | 1,93 | 2,34 | 1,76 |
| Хуторська | 0,46 | 0,220 | 0,272 | 0,172 |
| Боковий приплив | 1,6 | 0,890 | 1,09 | 0,698 |
| Сума | 56 | 29,0 | 34,7 | 22,4 |

Таблиця 2. Річний приплив прісних вод до Тилігульського лиману при наявності на водозборі штучних водойм у різні часові інтервали

| Річка | Приплив прісних вод за різні розрахункові періоди $\bar{W}_{пов}$, млн.м ³ | | | |
|------------------|--|--------------|--------------|--------------|
| | до початку впливу глобального потепління (до 1989р.) | 2001-2040рр. | 2041-2070рр. | 2071-2098рр. |
| Тилігул | 33,0 | 12,0 | 16,5 | 8,37 |
| Царега | 1,91 | 0,573 | 0,74 | 0,11 |
| Балайчук (Балай) | 2,75 | 0,64 | 1,05 | 0,47 |
| Хуторська | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Боковий приплив | 1,06 | 0,36 | 0,545 | 0,175 |
| Сума | 38,7 | 13,6 | 18,8 | 9,12 |

Висновки. За даними кліматичного сценарію глобального потепління М10 (гілка сценаріїв А1В) на XXI сторіччя очікується зменшення стоку річок, які впадають в Тилігульський лиман та забезпечують існування приходної складової водного балансу лиману. Очікується повне і безповоротне руйнування їх водних ресурсів. Установлено, що наслідки глобального потепління будуть посилюватися через зростаючі втрати на додаткове випаровування з поверхні штучних водойм та їх заповнення при пересиханні (80% штучних водойм пересихають на протязі року). Для збереження природних ресурсів Тилігульського лиману рекомендується оптимізація розташування та експлуатації штучних водойм на сьогоднішній день. У

подальшому розглядається проект відновлення та оптимізації роботи з'єднувального каналу "лиман-море".

Список літератури

1. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья / Под ред. Ю. С. Тучковенко, Е. Д. Гопченко. – Одесса : ТЭС, 2011. – 224 с. 2. Гопченко Е. Д. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях) / Е. Д. Гопченко, Н. С. Лобода. – К. : КНТ, 2005. – 188 с. 3. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В. В. Гребінь. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с. 4. Лобода Н. С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния / Н. С. Лобода. – Одесса : Экология, 2005. – 208 с. 5. Глобальные и региональные изменения климата / под ред. Шестопалова В. М., Логинова В. Ф., Осадчего В. И. и др. – К. : Ніка-Центр, 2011. – 448 с. 6. Лобода Н. С. Стохастичні моделі у гідрологічних розрахунках / Н. С. Лобода, Є. Д. Гопченко. – Одеса: Екологія, 2006. – 200 с. 7. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / Під ред. Степаненко С.М., Польового А.М. – Одеса : Екологія, 2011. – 605 с. 8. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – 447 с. 9. Шерешевский А. И. Норма и изменчивость годового стока рек Украины / А. И. Шерешевский, П. Ф. Вишневский // Гидробиологический журнал. – 1997. – Т. 3. – С. 81-91.

Оцінка водних ресурсів річок басейну Тилигульського лиману в умовах змін глобального клімату

Лобода Н.С., Божок Ю.В.

Розрахований приплив поверхневих вод від водотоків до Тилигульського лиману за моделлю "клімат-стік" з використанням даних сценарію глобального потепління М10 інституту Макса Планка. Розглянуті періоди: до 1989 р. та 2001-2041, 2041-2070, 2071-2098. Показано, що об'єм надходження прісних вод до лиману в умовах глобального потепління буде зменшуватися, а вплив водогосподарських перетворень посилюватиметься, що приведе до подальшого засолювання лиману.

Ключові слова: водні ресурси, Тилигульський лиман, водогосподарська діяльність, глобальне потепління, сценарії змін клімату.

Оценка водных ресурсов рек бассейна Тилигульского лимана в условиях изменения глобального климата

Лобода Н.С., Божок Ю.В.

Рассчитан приток поверхностных вод от водотоков к Тилигульскому лиману по модели "климат - сток" с использованием данных сценария глобального потепления М10 института Макса Планка. Рассмотрены периоды: до 1989 г. и 2001-2041 гг., 2041-2070 гг., 2071-2098 гг. Показано, что объем поступления пресных вод к лиману в условиях глобального потепления будет уменьшаться, а влияние водохозяйственных преобразований будет усиливаться, что приведет к дальнейшему засолению лимана.

Ключевые слова: водные ресурсы, Тилигульский лиман, водохозяйственная деятельность, глобальное потепление, сценарии изменения климата.

Assessment of water resources in the basin of Tyligul estuary in the conditions of global climate change

Loboda N., Bozhok Y.

Surface water inflow from streams to Tyligul estuary by model "climate-runoff" with using data from the scenario of global warming M10 (Max Planck Institute) was determined. Considered periods: before 1989 and 2001-2041, 2041-2070, 2071-2098. It is shown that the amount of proceeds of fresh water to the estuary in conditions of global warming will be reduced, and the impact of water management reforms will increase. It will lead to salting of estuary.

Keywords: water resources, Tyligul estuary, water management, global warming, climate change scenarios.

Надійшла до редколегії 17.02.2014