

Лобода Н.С., д. геогр. н., проф.¹, Тучковенко Ю.С., д. геогр. н., с. н. с.²,
Гриб О.М., к. геогр. н., ас.¹

1 – кафедра гідроекології та водних досліджень, 2 – кафедра океанології та морського природокористування

Оцінка та розрахунок гідравліко-морфометричних характеристик водообміну в системі «Тілігульський лиман ↔ Чорне море» для розробки рекомендацій по збереженню природних ресурсів лиману

Науково-дослідна робота (НДР) виконувалася Одеським державним екологічним університетом (ОДЕКУ) у 2010 році на замовлення Управління освіти та наукової діяльності Одеської державної обласної адміністрації за рахунок бюджетних коштів з обласного фонду охорони навколишнього природного середовища. Основними виконавцями НДР були науково-педагогічні робітники наступних кафедр та лабораторій ОДЕКУ: гідроекології та водних досліджень, океанології та морського природокористування, гідрології суші, хімії навколишнього середовища, річної гідроекологічної навчально-наукової лабораторії й ін.

Актуальність цієї НДР обумовлена тим, що на сьогодні невпорядкованість водообміну між лиманом і морем спричинює обміління мілководних частин Тілігульського лиману (за 2007-2009 рр. майже на 1 м). Наслідком обміління є значне підвищення солоності води в лимані, її перегрівання влітку й переохолодження взимку, підвищення рівня забруднення, погіршення показників якості вод, розвитку ефтрофікації. Процес ефтрофікації зв'язаний з формуванням гіпоксії (дефіцит кисню) на значній частині водойми, що викликає загибель значної кількості риби в лимані (наприклад, в липні-вересні 2010 р.).

Під загрозою зникнення опинилися близько 30 видів риб, 208 видів водоростей і багатьох інших представників унікальної флори та фауни лиману. Тілігульський лиман ще в 1971 р. включено до міжнародного списку водно-болотних угідь, що охороняються Рамсарською конвенцією. Крім того, в прибережній смузі лиману мешкають рідкісні види змій, фазани, зайці, лисиці та навіть вовки й інші біонти, які також є складовою унікальної екосистеми лиману. Розташована на лимані Коса Стрільця є загальнозоологічним заповідником [1].

Мета НДР полягала в оцінці сучасних та розрахунку оптимальних гідравліко-морфометричних характеристик водообміну в системі «Тілігульський лиман ↔ Чорне море» (на основі гідравлічних розрахунків та гідродинамічного моделювання) для розробки рекомендацій по збереженню унікальних природних ресурсів лиману.

Для досягнення мети роботи необхідно було виконати наступні завдання:

- розрахувати поверхневий стік води річок в басейні лиману;
- оцінити гідравліко-морфометричні характеристики водообміну в системі «Тілігульський лиман ↔ Чорне море»;
- виконати натурні експедиційні дослідження акваторій Тілігульського лиману, водних об'єктів пересипу та прилеглої до лиману частини моря;
- адаптувати до умов лиману числову гідродинамічну модель;
- виконати розрахунок водообміну між лиманом та морем при сучасних гідравліко-морфометричних характеристиках каналу та визначити їх оптимальні значення, при яких підтримувався б сприятливий екологічний стан лиману (на основі гідравлічних розрахунків та гідродинамічного моделювання);
- розробити науково-обґрунтовані рекомендації щодо відновлення та подальшого підтримання сприятливого екологічного стану природного лиманного комплексу за рахунок оптимізації водообміну в системі «Тілігульський лиман ↔ Чорне море».

Для досягнення мети та вирішення завдань роботи, восени 2010 р. були виконані натурні експедиційні дослідження акваторії Тілігульського лиману, водних об'єктів пересипу та прилеглої до лиману частини моря. Результати цих обстежень дозволили оцінити сучасний рельєф дна лиману, каналу, озер пересипу, прилеглої до лиману частини моря, побудувати плани водойм в ізобатах, криві об'ємів і площ водної поверхні лиману та озер.

В процесі виконання експедиційних досліджень також були проведені візуальні спостереження поверхні водойм (наявність нафтових або масляних плівок, загибель риби, рослин і т. п.), визначені солоність, мінералізація та фізико-хімічні властивості води (температура, запах, прозорість, вміст розчиненого кисню й ін.).

Крім результатів експедиційних досліджень в НДР використовувалися результати стаціонарних метеорологічних, гідрологічних й інших спостережень на гідрологічних постах Гідрометеорологічного центру Чорного та Азовського морів: на Тілігульському лимані – в смт Коблеве, на р. Тілігул – смт Березівка та с. Новоукраїнка, на Чорному морі – в м. Южне, а також дані польових гідрологічних спостережень Одеського філіалу Інституту біології південних морів. Для аналізу метеорологічних спостережень використовувались дані метеостанцій в смт Любашівка, м. Южне та м. Одеса (ГМО). Крім цього, використані матеріали, які в режимі вільного доступу можна знайти на електронних ресурсах мережі Інтернет та в науково-довідниковій літературі [2, 3 й ін.].

У відповідності до технічного завдання науково-дослідної роботи, були досягнуті результати та зроблені висновки, які наведені нижче.

Головними екологічними проблемами Тілігульського лиману є значне обміління водойми і пов'язане з цим збільшення солоності води, концентрації забруднюючих речовин, підвищення рівня ефторофікації вод, яке у літній період року призводить до гіпоксії, що викликає масову загибель багатьох гідробіонтів лиману.

Основними причинами обміління водойми є відсутність поверхневого припливу води з водозбірного басейну лиману (за рахунок регулювання річкового стоку значною кількістю ставків і водосховищ й ін.), значне випаровування з водного дзеркала водойми та відсутність водообміну з морем.

Стік р. Тілігул формується, головним чином, за рахунок снігового живлення. Підземне живлення річки вкрай незначне. Норма інфільтрації річних опадів у підземні водоносні горизонти змінюється у середньому від 5 мм до 1 мм у напрямку з північного заходу на південний схід.

Зі збільшенням площі водозбору підземне живлення зменшується через те, що глибина залягання водоносних горизонтів зростає.

Водність р. Тілігул зменшується зі зростанням площі водозбору (від 27 мм – в створі с. Новоукраїнка, до 7 мм – в створі смт Березівка) за рахунок зростання посушливості клімату та внаслідок водогосподарської діяльності.

Для оцінки припливу прісних вод до Тілігульського лиману була застосована модель «клімат-стік», яка дозволяє оцінити природний та побутовий річний стік р. Тілігул. За цією моделлю статистичні характеристики річного природного, непорушеного водогосподарською діяльністю, стоку р. Тілігул дорівнюють: $\bar{Y} = 13$ мм, $C_v = 1,14$ та $C_s = 1,9$, де \bar{Y} – середній багаторічний шар стоку, C_v – коефіцієнт варіації, C_s – коефіцієнт асиметрії. За даними спостережень (1953-2007 рр.) отримані такі результати: $\bar{Y} = 7,1$ мм, $C_v = 1,1$ та $C_s = 2,1$. Річний стік, що спостерігається, значно менший за природний.

Площа водної поверхні штучних водойм на басейні р. Тілігул становить 7,8 км². За моделлю «клімат-стік», на основі довідникових даних [3], виконано оцінку впливу штучних водойм на стік р. Тілігул. Встановлено, що у середньому, вплив додаткового випаровування з поверхні штучних водойм оцінюється коефіцієнтом антропогенного впливу на норму стоку $K_{\bar{Y}} = 0,95$. Статистично значущим вплив додаткового випаровування стає у маловодні роки і забезпечує зменшення стоку на 22 % (для років 75 %-ї забезпеченості). При урахуванні втрат стоку на заповнення штучних водойм сумарний коефіцієнт антропогенного впливу становить 0,91, а зменшення стоку у маловодний рік 75 %-ї забезпеченості досягає 23 %. Таким чином, наявність на водозборі р. Тілігул штучних водойм не може розглядатися як головна причина зменшення стоку річки у нижній частині.

Аналіз річних сум опадів (за даними м/ст. Любашівка) показав, що суттєвих змін опадів не відбувається – середня багаторічна величина опадів до 1980 р. становила 525 мм, а після – 530 мм.

Зміни річних значень кліматичних факторів не можуть спричинити значуще зменшення водних ресурсів р. Тілігул по її довжині.

У багаторічному ході рівня води лиману можна виділити такі періоди:

а) 1936-60 рр. – період природних коливань рівня води від 220 до 460 см;

б) 1961-75 рр. – період активної роботи каналу «лиман-море», коли річні рівні води не опускалися нижче 340 см – середньобагаторічного значення;

в) після 1976 рр. – період із значними змінами рівня води 300-430 см, коли суттєві зниження рівня води пов'язані з багаторічними перервами в роботі каналу, а підвищення – з річковим стоком у багатководні роки.

Встановлені дві емпіричні залежності солоності від рівня води в лимані:

а) для періодів роботи каналу «лиман-море»;

б) при відсутності водообміну між морем та лиманом.

Побудовано план лиману в ізобатах та обчисленні координати кривих залежностей площ водного дзеркала F й об'ємів W від рівнів води H в лимані, за якими побудовані графіки зв'язку $F = f(H)$ та $W = f(H)$.

З'ясовано, що довжина каналу «лиман-море», при сполученні лиману з морем, становить близько 3,3 км і майже не залежить від рівня води, але ширини, середні глибини та площі вільного перерізу мають прямі зв'язки з рівнями води (у вигляді лінійних рівнянь).

З використанням зв'язку морфометричних характеристик каналу з рівнями води, обчислені величини гідравлічного опору каналу ($F_{обц}$) при різних рівнях води – від рівня, при якому глибина каналу буде дорівнювати нулю (250 см), до максимального (550 см) спостереженого рівня, за якими побудовано залежність гідравлічного опору каналу від рівня води під час руху води в каналі у будь-якому напрямку.

З використанням синхронних вимірювань (2003-2004 рр.) витрат води в каналі, напрямків течій (спрямованих в лиман або море), напрямків вітру (північних румбів або південних) та його швидкості, а також рівнів води в лимані та морі, встановлені зв'язки між добовими об'ємами припливу-стоку води через канал Q та рівнями води H , при вільному сполученні з морем, які апроксимовані ступеневими рівняннями.

Обчислені гідравліко-морфометричні характеристики лиману і каналу та їх зв'язки з рівнями води, а також дані про суми атмосферних опадів, шари випаровування та солоність води, були використані для визначення річних об'ємів припливу морських вод до лиману, поверхневого припливу води з водозбірного басейну лиману за рівнянням

В.М. Тімченко [2] та атмосферних опадів, а далі коефіцієнтів зовнішнього водообміну $K_{зв}$ Тілігульського лиману за період стаціонарних водомірних спостережень з 1967 по 1987 рр.

Встановлено, що величина середнього за багаторічний період коефіцієнту зовнішнього водообміну становить 0,17, тобто повна заміна води у Тілігульському лимані відбувається в середньому один раз на 6 років.

Для поліпшення водно-сольового режиму та екологічного стану Тілігульського лиману необхідно якнайскоріше забезпечити науково-обґрунтований режим роботи каналу «лиман-море», попередньо збільшивши його глибину до таких відміток, при яких навіть в періоди з мінімальними рівнями води в лимані буде відбуватися вільний перетік води з моря в лиман.

Для зниження ризику обміління лиману та збільшення солоності води в ньому, треба відновлювати природний стік води річок водозбірного басейну Тілігульського лиману.

Циркуляція вод в лимані характеризується наявністю великої кількості вихорових утворень (осередків), розташованих уздовж лиману, що обумовлено особливостями геоморфологічної будови лиману: конфігурацією берегів та розподілом глибин уздовж лиману. В лимані відсутні протяжні та потужні вздовжберегові течії, які сприяють водо- і масообміну між різними частинами лиману. Вихорові структури перешкоджають розповсюдженню водних мас і домішок уздовж акваторії лиману. Результати числових експериментів з гідротермодинамічною моделлю свідчать, що поліпшення якості вод в південній та центральній частинах лиману шляхом інтенсифікації надходження до нього морських вод можливе при поглибленні з'єднувального каналу до 2,0 м. Збільшення ширини з'єднувального каналу не є ефективним.

Інтенсивність водообміну з морем через з'єднувальний канал майже не впливає на гідроекологічні характеристики північної частини лиману.

Система солених озер, прилеглих до каналу, зменшує інтенсивність надходження морських вод до лиману.

При відновленні водообміну з морем через з'єднувальний канал (початкове перевищення відмітки рівня води моря над дзеркалом лиману становить 0,25 м) інтенсивне розповсюдження трансформованих морських вод вздовж лиману спостерігається в перші 40-45 діб.

За результатами розрахунків з використанням моделі вітро-хвильової циркуляції вод та транспорту наносів у прибережній зоні моря встановлено, що в районі розташування каналу, який з'єднує Тілігульський лиман з морем, концентрація піску поблизу берега при штормовому хвилюванні (вітер силою 11 м/с) становить 53 г/м³, зменшуючись у

напрямку моря на південь. На відстані 100 м від берега середня концентрація піску навпроти каналу складає близько 3 г/м³.

Аналіз просторового розподілу концентрації піску у водній товщі, дозволяє зробити висновок, що спорудження інженерних конструкцій у вигляді бун, перпендикулярних до берега, виведених в море на відстань 100 м від берега, сприятиме утриманню вздовжберегового потоку піску з зовнішніх боків обмежуючих канал бун і запобігатиме обмілінню каналу.

Список літератури

1. Оцінка та розрахунок гідравліко-морфометричних характеристик водообміну в системі «Тілігульський лиман ↔ Чорне море» для розробки рекомендацій по збереженню природних ресурсів лиману: Звіт з НДР. Од. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2010. – 178 с.
2. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с.
3. Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б.И. Стрельца. – К.: Урожай, 1987. – 304 с.