

УДК 551.468.4

Д.В. КУШНІР, Ю.С. ТУЧКОВЕНКО

Одеський державний екологічний університет  
вул. Львівська, 15, Одеса, 65016, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ВОДООБМІНУ З МОРЕМ НА МІНЛИВІСТЬ ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТИЛІГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ

Приведені результати моделювання мінливості гідрологічних характеристик Тилігульського лиману за різних умов водообміну з морем з використанням гідротермодинамічної моделі Delft3D-FLOW. Оцінено вплив морфометричних характеристик з'єднувального каналу «лиман-море» на інтенсивність водообміну лиману з морем, мінливість рівня та солоності води в лимані за різних умов функціонування каналу.

*Ключові слова:* Північно-Західне Причорномор'я, Тилігульський лиман, моделювання

Тилігульський лиман ( $46^{\circ} 39,3' - 47^{\circ} 05,3'$  пн.ш.,  $30^{\circ}57,3' - 31^{\circ}12,7'$  сх.д.) розташований на кордоні Одеської та Миколаївської областей. Нині його довжина становить 52 км, ширина змінюється на окремих ділянках від 0,2 до 5,4 км. Південна та центральна частини лиману є улоговинами з переважаючими глибинами в діапазоні 10-16 м, розділені мілководною перемишкою (рис. 1). Північна частина лиману, в яку впадає р. Тилігул, мілководна, з глибинами менше 4 м. Південна частина лиману з'єднується з морем штучним каналом довжиною 3,3 км, який функціонує 3-4 місяці на рік. Глибина каналу на окремих ділянках не перевищує 0,25 м при відмітці рівня моря мінус 0,4 м БС (метрів Балтійської системи), а ширина становить 25-30 м.

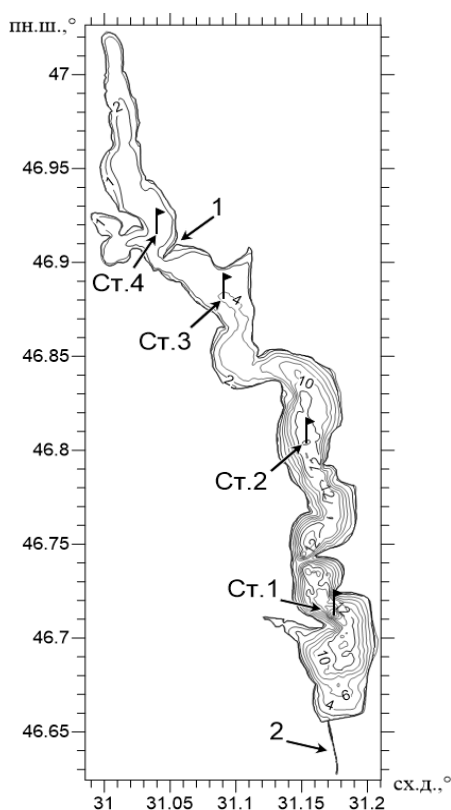


Рис. 1. Батиметрична карта Тилігульського лиману (глибини відповідають відмітці рівня моря мінус 0,4 м БС) та розташування точок аналізу результатів; 1 - Калинівська коса; 2 - з'єднувальний канал «лиман-море»

Нині в результаті кліматичних змін та антропогенної діяльності на водозбірному басейні Тилігульського лиману суттєво зменшився поверхневий приплив прісних вод до лиману, наслідком чого стало його осолонення та періодичне обміління. Більшість фахівців та

користувачів природними ресурсами Тилігульського лиману вважають, що для стабілізації гідроекологічного режиму лиману необхідно забезпечити стабільний водообмін з морем через штучний з'єднувальний канал у разі науково обґрунтованого регламенту його функціонування. Тому актуальною задачею є оцінка впливу морфометричних характеристик каналу «лиман-море» на інтенсивність водообміну з морем та проникнення морських вод в лиман, а також оцінки мінливості рівня і солоності води в лимані за різних умов функціонування каналу.

### Матеріал і методи досліджень

При вирішенні вказаної задачі використовувалась гідродинамічна модель Delft3D-FLOW [3, 4]. Для проведення модельних розрахунків акваторія лиману (включно зі з'єднувальним каналом) покривалась горизонтальною криволінійною розрахунковою сіткою, що складалась з 314×53 розрахункових осередків, розміри яких плавно змінювались в межах 33-450 м вздовж поздовжньої осі лиману та 27-330 м – у поперечному напрямку. По вертикалі застосовувались 43 розрахункових рівня з перемінною товщиною шарів (від 0,2 до 1 м), реалізовані в прямокутній Z-системі координат. Розрахунки проводились для метеорологічних умов типового для кліматичного періоду 2011-2041 рр. року, визначеного за найбільш вірогідним для регіону кліматичним сценарієм з бази даних ENSEMBLES (модель REMO Інституту метеорології ім. Макса Планка, м. Гамбург) [1, 2]. У якості вхідних даних для моделювання використовувались середньодобові значення температури, відносної вологості повітря, швидкості та напрямку вітру, балу загальної хмарності, атмосферних опадів. Середньомісячні витрати (побутовий стік) річок Тилігул, Царега, Балайчук, Хуторська, які живлять лиман, задавались на підставі даних розрахунків проф. Н.С. Лободи з використанням моделі «клімат-стік» для середнього за водністю року періоду 2001-2040 рр., згідно обраного кліматичного сценарію [1].

Для завдання коливань рівня моря на відкритій морській границі каналу використовувались осереднені за 2001-2012 рр. середньомісячні значення відміток рівня моря за даними спостережень гідрометеорологічної станції «порт Южний». Щоденні значення відміток рівня визначались інтерполяцією середньомісячних значень, до яких додавались відхилення рівня викликані вітровою дією. Випаровування з водної поверхні розраховувалось в самій моделі.

Моделювання виконувалось для наступних варіантів водообміну з морем через з'єднувальний канал «лиман-море»:

- варіант в1 (сучасний): канал відкритий у квітні-липні, глибина з'єднувального каналу 0,25-1,3 м (при відмітці рівня води мінус 0,4 м БС);
- варіант в2: канал відкритий у квітні-липні, глибина з'єднувального каналу 1,6 м (при відмітці рівня води мінус 0,4 м БС);
- варіант в3: канал відкритий весь рік, глибина з'єднувального каналу 1,6 м (при відмітці рівня води мінус 0,4 м БС).

Ширина з'єднувального каналу покладалася незмінною та рівною 30 м, оскільки фахівці вважають поширення каналу малоімовірним через проблеми землевідводу та наявність автомобільного мосту через канал.

### Результати досліджень та їх обговорення

Результати модельних розрахунків мінливості рівня води в лимані, витрат води через з'єднувальний канал наведені на рис. 2, 3. Аналіз результатів розрахунків, отриманих з використанням гідродинамічної моделі Delft3D-FLOW, показав, що при сучасній глибині з'єднувального каналу надходження морських вод через канал «лиман-море» протягом квітня-липня недостатньо для компенсації дефіциту прісного балансу лиману. Відмітка рівня води в лимані, яка формується наприкінці року, нижча ніж вихідна (рис. 2а).

Якщо при сучасній глибині з'єднувального каналу водообмін з морем, як правило, спрямований з моря в лиман (рис. 2а), то при поглибленні каналу, після періоду початкового наповнення лиману, відбувається інтенсивний різноспрямований водообмін (рис. 3 б,в), що буде сприяти виведенню з лиману накопичених запасів солей. Отже, поглиблення з'єднувального каналу до 1,6 м (при відмітці рівня води мінус 0,4 м БС) дозволить

стабілізувати річний цикл коливань рівня води в лимані (рис. 2б) у середній за водністю рік та сприятиме загальному зниженню солоності води (рис. 4). Наповнення лиману до рівня моря після відкриття каналу відбуватиметься протягом одного місяця.

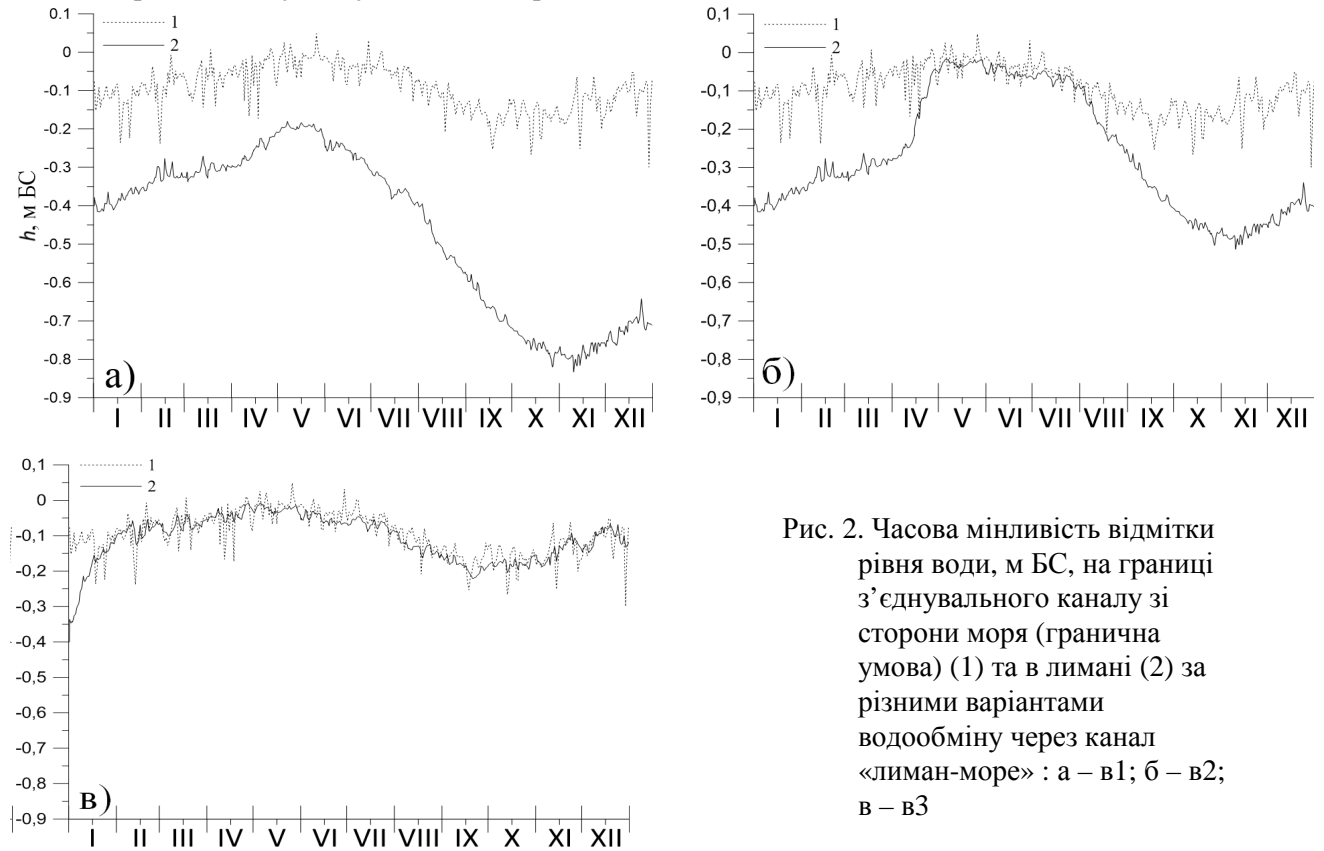


Рис. 2. Часова мінливість відмітки рівня води, м БС, на границі з'єднувального каналу зі сторони моря (гранична умова) (1) та в лимані (2) за різними варіантами водообміну через канал «лимани-море»: а – в1; б – в2; в – в3

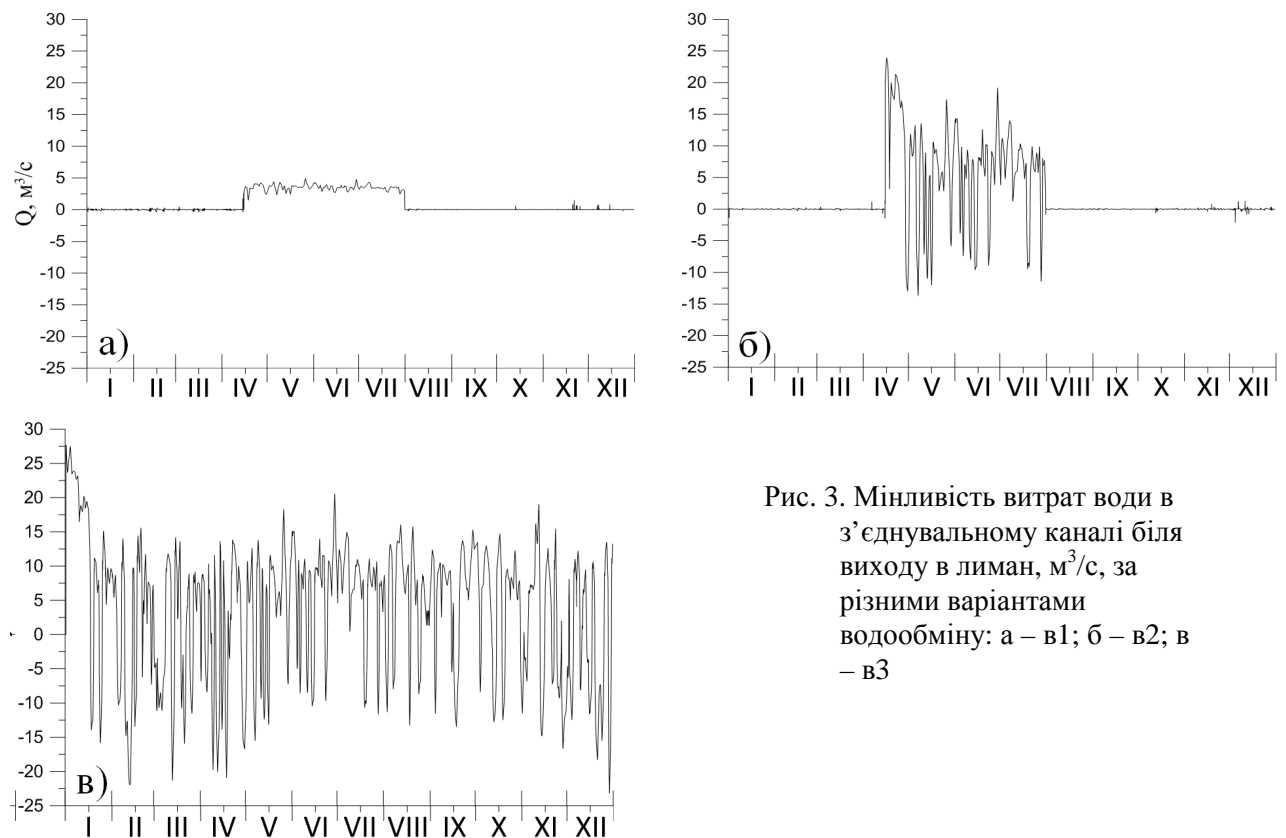


Рис. 3. Мінливість витрат води в з'єднувальному каналі біля виходу в лиман, м<sup>3</sup>/с, за різними варіантами водообміну: а – в1; б – в2; в – в3

Забезпечення безперервної протягом року роботи каналу дозволить зменшити річну амплітуду коливань рівня води в лимані при більш високій середньорічній відмітці рівня (рис. 2в), а також сприятиме зменшенню солоності води на більшості акваторії лиману, окрім ділянки, розташованої північніше Калинівської коси (рис. 4). В умовах побутового стоку ця найбільш північна ділянка лиману є джерелом його засолення.

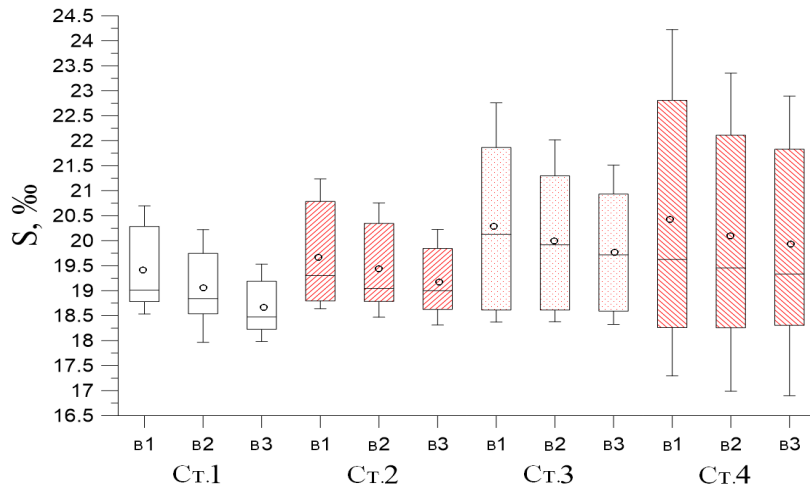


Рис. 4. Характеристики просторово-часової мінливості солоності води, ‰, у приповерхневому 5-метровому шарі в різних частинах Тилигульського лиману (точки Ст.1-4), отримані при моделюванні за різними варіантами водообміну з морем. Приведені мінімальні, максимальні, медіанні і середні (точки) значення, а також значення 25% та 75% квантилей

## Висновки

Результати моделювання з використанням гідродинамічної моделі Delft3D-FLOW свідчать, що для зменшення темпів росту солоності та стабілізації рівня води в Тилигульському лимані необхідно, як мінімум, поглибити з'єднувальний канал «лимани-море» та, як максимум, забезпечити безперервне протягом року його функціонування.

1. *Водні ресурси та гідроекологічний стан Тилигульського лиману: монографія* / [Тучковенко Ю. С., Лобода Н. С., Гриб О. М. та ін.]; за ред. Ю. С. Тучковенко, Н. С. Лободи. – Одеса: ТЕС, 2014. – 277 с.
2. *Delft3D-FLOW*, вихідний код [Електронний ресурс]: Спільнота користувачів відкритого програмного забезпечення Delft3D. – Deltares, 2014. – Режим доступу: URL: <http://oss.deltares.nl/web/delft3d/>
3. *Delft3D-FLOW – Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments: User Manual, version 3.15*. Deltares systems. – Delft (Netherlands), 2013. – 702 p.
4. *Evaluation of climate scenarios for the lagoons* / [ V. Wörner, C. Hesse, A. Stefanova, V. Krysanova]. – Potsdam: PIK, 2012. – 40 p.

*Д.В. Кушнір, Ю.С. Тучковенко*

Одесский государственный экологический университет, Украина

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДООБМЕНА С МОРЕМ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТИЛИГУЛЬСКОГО ЛИМАНА

Приведены результаты моделирования изменчивости гидрологических характеристик Тилигульського лимана при разных условиях водообмена с морем с использованием гидротермодинамической модели Delft3D-FLOW. Оценено влияние морфометрических характеристик соединительного канала «лимани-море» на интенсивность водообмена лимана с морем, изменчивость уровня и солёности воды в лимане при различных условиях функционирования канала.

*Ключевые слова: Северо-Западное Причерноморье, Тилигульский лиман, моделирование*

*D. Kushnir, Yu. Tuchkovenko*

Odesa State Environmental University, Ukraine

MODELLING OF THE INFLUENCE OF WATER EXCHANGE WITH SEA ON VARIABILITY OF THE HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TYLIGULSKYI ESTUARY

The results of the modeling of variability of hydrological characteristics of the Tyligulskyi estuary under different conditions of water exchange with the sea using hydrothermodynamic model Delft3D-FLOW are shown. An assessment of the influence of morphometric characteristics of the connecting channel «estuary-sea» on the intensity of the estuary water exchange with the sea and water level and salinity variability in the estuary under different operating conditions of the channel was made.

*Keywords: North-Western Black Sea region, the Tyligulskyi estuary, modelling*

УДК 595.324-113.311:57.082.2

О.В. КУШНІРИК, О.І. ХУДИЙ

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012, Україна

**АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД *SIMOCEPHALUS VETULUS* (MULLER) ЗА УМОВ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ДРІЖДЖІВ ЯК КОРМОВИХ СУБСТРАТІВ**

---

Досліджено амінокислотний склад *Simocephalus vetulus* за умов використання різних видів дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae* та *Rhodotorula glutinis*) як кормових субстратів. Показано, що використання *R. glutinis* супроводжується підвищенням вмісту загальних протеїнів у досліджуваних організмів. Заміна дріжджів *S. cerevisiae* на *R. glutinis* у процесі культивування *S. vetulus* призводить до значної зміни співвідношення вмісту протеїногенних амінокислот досліджуваних ракоподібних. Зокрема, істотно підвищується частка метіоніну, гістидину та аргініну. Застосування каротинсинтезуючих дріжджів сприяє встановленню у культивованому в якості живого корму зоопланктоні оптимального для риб співвідношення замісних та незамінних амінокислот.

*Ключові слова: амінокислоти, культивування, зоопланктон, дріжджі*

Підвищення ефективності використання живих кормів як стартових для личинок риб можливе за рахунок залучення технологій оптимізації їх нутрієнтного складу. Аліментарна цінність живого корму залежить не тільки від генетично детермінованих властивостей виду, а й може бути скорегована шляхом застосування різних типів кормових субстратів. Традиційним кормовим об'єктом для культивування планктонних ракоподібних, які часто слугують стартовим кормом для личинок риб, є дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*. Однак питання пошуку ефективніших кормових субстратів залишається досі відкритим. З огляду на вагому роль каротиноїдів у початкових етапах постембріонального розвитку риб [4] як альтернативного об'єкту для годівлі культури зоопланктону був обраний вид дріжджів *Rhodotorula glutinis*, здатний до каротиногенезу.

Для організму риб у період інтенсивного росту одним із лімітуючих факторів виживаності та подальшого нормального розвитку є збалансованість корму, включно за амінокислотним складом.

Метою дослідження було встановити амінокислотний склад *S. vetulus* як живого корму для ранньої молоді риб при заміні традиційного харчового субстрату – дріжджів *S. cerevisiae* – на каротинсинтезуючі дріжджі *R. glutinis*.