

Національна Академія наук України
Академія технологічних наук України
Інженерна академія України
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та
військової техніки, Україна
Університет Гліндор, м. Рексхем, Великобританія
Військова дослідницька лабораторія США, м. Аделфі, США
Інститут оборони ім. С. Лазарова, м. Софія, Болгарія
Технічний університет Лодзі, Польща
Технічний університет м. Рига, Латвія
Технологічний університет м. Таллінн, Естонія
Університет Екстрамадура, м. Бадахос, Іспанія
Гомельський державний університет ім. Ф. Скорини, Білорусь
Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС) НАН України
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут ім. І. Сікорського»
Полтавський національний технічний університет імені Ю. Кондратюка
Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького
Чернігівський національний технологічний університет

П'ЯТНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ МОДС 2020

Тези доповідей



Чернігів 2020

УДК 004.94(063)
М34

Друкується за рішенням вченої ради Чернігівського національного технологічного університету (протокол вченої ради Чернігівського національного технологічного університету № 5 від 30.06.2020).

Редакційна колегія:

Скітер І. С. к.фіз.-мат.н., доцент, ЧНТУ
Войцеховська М. М., аспірант, ЧНТУ
Нехай В. В., асистент, ЧНТУ

Математичне та імітаційне моделювання систем.
М34 МОДС 2020 : тези доповідей П'ятнадцятої міжнародної науково-практичної конференції (29 червня – 01 липня 2020 р., м. Чернігів) / М-во освіти і науки України ; Нац. Акад. наук України ; Академія технологічних наук України ; Інженерна академія України та ін. – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – 370 с.

ISBN 978-617-7571-93-2

У збірник включені тези доповідей, які були представлені на конференції “Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2020”. В доповідях розглянуті наукові та методичні питання з напрямку моделювання складних екологічних, технічних, фізичних, економічних, виробничих, організаційних та інформаційних систем з використанням математичних та імітаційних методів.

УДК 004.94(063)

ISBN 978-617-7571-93-2

© Чернігівський національний
технологічний університет, 2020

О.О. Кряжич, О.В. Коваленко ВИБІР ІНТЕРВАЛІВ АПРОКСИМАЦІЇ ФУНКЦІЇ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ОПИСУ ЗАБРУДНЕНОЇ ТЕРИТОРІЇ	43
Д.В. Кушнір, Ю.С. Тучковенко МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК У ЛИМАНІ САСИК ЗА УМОВ ВІДНОВЛЕННЯ ВОДООБМІНУ З МОРЕМ	47
Терлецька К., Мадерич В., Бровченко І. ТРАНСФОРМАЦІЯ ВНУТРІШНІХ УСАМІТНЕНИХ ХВИЛЬ НАД ПІДВОДНОЮ СХОДИНКОЮ У ТРИШАРОВІЙ СТРАТИФІКАЦІЇ.....	51
О. РYЛУРЕНКО, М. ЗНЕЛЕЗНУАК, М. SOROKIN, S. KIVVA МОДИФІКАЦІЯ ГІДРОЛОГІЧНОГО БЛОКУ СППР RODOS ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	54
М.В. Талах, С.В. Голуб ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КЛІМАТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ	56
С.О. Заїка, А.Т. Лобурець ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІКИ ЛАНЖЕВЕНА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ВІРУСНИХ ІНФЕКЦІЙ НА ПРИКЛАДІ COVID-19	60
В.В. Бегун, Т.В. Полщук АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ КРИТИЧНО ВАЖЛИВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	64
С.Я. Майстренко, А.А. Полонский, А.В. Халченков, Т.А. Донцов-Загреба, К.В. Хурцилава, О.И. Удовенко, И.В. Ковалец ВЕБ-СЕРВИС МОДЕЛИРОВАНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ.....	67

рії, яка є неоднорідною за своєю біогеохімічною структурою, а речовина-забруднювач є активним реагентом та діє по різному в різних шарах середовища.

Література

1. Кряжич О.О. Апроксимація складних функцій для опису розвитку локальної надзвичайної ситуації // Математичні машини і системи. – 2016. – № 1. – С. 148 – 157.

2. Кряжич О.О. Трофимчук О.М., Коваленко О.В. Алгоритм визначення початкової точки при моделюванні за методом можливих напрямків // Радіоелектроніка, інформатика, управління. 2019. № 3, С. 40 – 46. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2019-3-5>.

УДК 551.468.4

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК У ЛИМАНІ САСИК ЗА УМОВ ВІДНОВЛЕННЯ ВОДООБМІНУ З МОРЕМ

Д.В. Кушнір, Ю.С. Тучковенко

Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна

Лиман Сасик (Кундук) розташований на півдні Одеської області (29,653 сх.д., 45,666 пн.ш.) в межах Татарбунарського та Кілійського районів, поблизу від дельти р. Дунай. При відмітці рівня води в лимані 0 м БС площа його акваторії становить близько 210 км². Довжина лиману з півночі на південь складає 29 км; ширина змінюється від 3 до 12 км. Максимальна глибина в лимані досягає 3 м.

До кінця 70-х років ХХ ст. лиман Сасик являв собою напівзакрите водоймище, водообмін якого з морем відбувався епізодично за рахунок утворення тимчасових прірв у піщаному пересипу, що відокремлює лиман від Жебриянівської затоки північно-західної частини Чорного моря. Під час реалізації проекту Дунай-Дністровської зрошувальної системи у 1978 році, Сасик був з'єднаний з р. Дунай штучним каналом загальною довжиною близько 13,5 км, обладнаним системою пропускних шлюзів та рибозагороджувальних споруд. При цьому лиман був остаточно відокремлений від моря шляхом розширення та укріплення піщаного морського пересипу, по якому було прокладено автодорогу.

У теперішній час лиман не функціонує в якості передбаченого проектом водогосподарського комплексу прісноводного водосховища че-

рез незадовільні показники якості його вод (високий рівень мінералізації, перевищення вмісту хлоридів, сульфатів, забруднення важкими металами, фенолами, пестицидами). Вода Сасика непридатна як для забезпечення комунально-побутових потреб і питного водопостачання населення, так і для зрошення земель [1]. Також основними гідроекологічними проблемами лиману є підвищений рівень евтрофікації його вод, постійне занесення каналу «Дунай-Сасик» та відкладення зважених наносів, що поступають з дунайськими водами, у південній частині лиману.

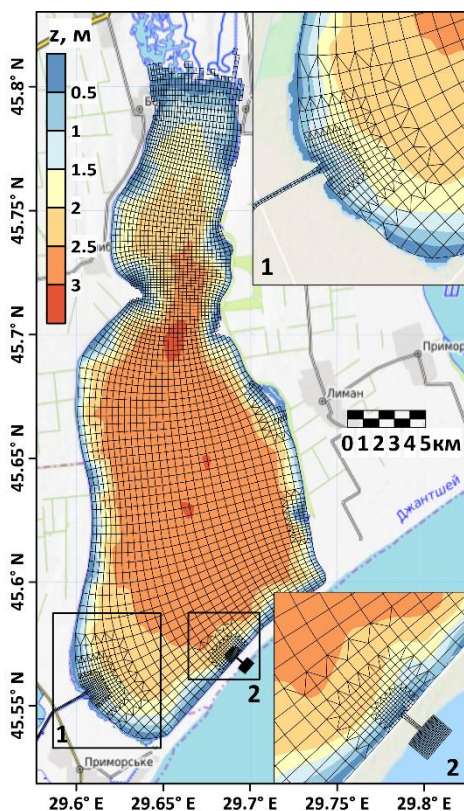


Рис. 1 – Розрахункова сітка, побудована для акваторії лиману Сасик: 1 – діючий канал «Дунай-Сасик»; 2 – канал «Чорне море-Сасик», що пропонується

Зважаючи на викладене, актуальною є задача наукового обґрунтування заходів, які передбачають відновлення лиману Сасик до його природного стану шляхом з'єднання з морем. Метою даної роботи є оцінка, на підставі результатів математичного моделювання, очікуваної мінливості річного циклу гідрологічних характеристик лиману, включно з мінералізацією вод, після встановлення режиму постійного водообміну лиману з морем.

Для вирішення поставленої задачі застосовувалась чисельна гідротермодинамічна модель Delft3D Flexible Mesh (Delft3D FM) у 3D-варіанті [2]. Модель заснована на чисельному вирішенні тривимірних рівнянь Нав'є-Стокса для нестисливої рідини на мілкій воді у наближенні Бу-сінеска та гідростатики. Система прогностичних диференціальних рівнянь моделі складається з рівнянь руху, рівняння нерозривності, рівнянь

транспорту скалярних величин (температури, солоності, індикаторів-трасерів) та замикається двопараметричною k - ε -моделлю турбулентності.

Для адаптації моделі до умов лиману Сасик була згенерована неструктурована криволінійна розрахункова сітка, яка складалась з 4927 вузлів та 4697 розрахункових елементів з перемінними розмірами (від 20 до 500 м). Сітка з достатньою точністю описує основні особливості геоморфологічної будови лиману та містить області телескопізації (1, 2 на рис. 1) для коректного врахування вузьких з'єднувальних каналів на акваторії лиману, із збереженням прийняттого часу розрахунків на значних (річних) проміжках часу.

Для завдання в моделі поля глибин лиману Сасик (в м БС), використовувались дані результатів промірних робіт на акваторії лиману по поперековим галсам, виконаних у 2009 році.

По вертикалі в моделі задавались 10 розрахункових рівнів у σ -системі координат, кожен з яких мав товщину в 10% від повної глибини.

Адаптація моделі до умов лиману була виконана для умов 2019 року. При розрахунках, на верхній (з атмосферою) відкритій границі моделі задавались: часова мінливість температури повітря, напряму і швидкості вітру, кількості атмосферних опадів (за даними спостережень на ГМС «Приморське»); відносної вологості повітря та відсотку хмарності неба (за даними спостережень на ГМС «Сарата»). На боковій відкритій границі з'єднувального каналу «Дунай-Сасик» в моделі задавались спостережені протягом 2019 року коливання рівня води у р. Дунай та мінливість температури і мінералізації дунайської води, надані Дунайською гідрометеорологічною обсерваторією. Відмітки дна в з'єднувальному каналі «Дунай-Сасик» та режим роботи головного пропускного шлюзу каналу у 2019 році задавались в моделі відповідно до інформації, наданої Кілійським міжрайонним управлінням водного господарства. Випаровування з водної поверхні лиману розраховувалось в самій моделі з урахуванням мінералізації вод лиману.

Результати адаптації та калібрування моделі приведені на рис. 2.

На наступному етапі виконання модельних розрахунків було проведено сценарне моделювання для тих же гідрометеорологічних умов 2019 року з завданням в моделі відкритого з'єднувального каналу «Чорне море-Сасик». Розглядалися такі варіанти водообміну на протязі року: (1) **варіант 1** – канал «Чорне море-Сасик» шириною 70 м; канал «Дунай-Сасик» відкритий; (2) **варіант 2** – канал «Чорне море-Сасик» шириною 100 м; канал «Дунай-Сасик» відкритий; (3) **варіант 3** – канал «Чорне море-Сасик» шириною 70 м, канал «Дунай-Сасик» закритий;

(4) **варіант 4** – канал «Чорне море-Сасик» шириною 100 м, канал «Дунай-Сасик» закритий. На відкритій морській границі каналу «Чорне море-Сасик» в моделі задавались коливання рівня моря, мінливість температури і солоності морської води (за даними ГМС «Приморське»).

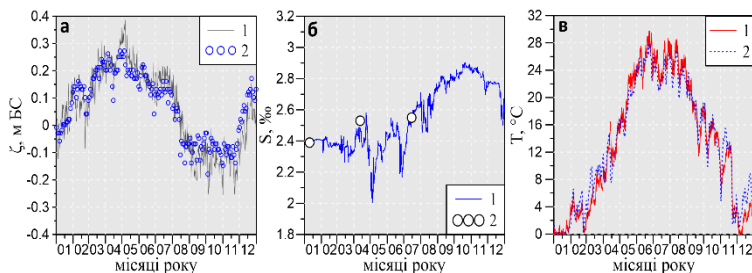


Рис. 2 – Мінливість рівня (а), солоності (б) та температури води (в) в лимані Сасик у 2019 році (на ділянці акваторії біля с. Борисівка):

1 – за результатами моделювання; 2 – натурні спостереження

Вважається, що після відновлення водообміну з морем, при підвищенні значень солоності води до 7-8 ‰, відбудеться масова загибель прісноводної флори і фауни. Результати моделювання, наведені на рис. 3, демонструють, через який проміжок часу з моменту початку водообміну з морем буде досягнута ця критична межа солоності за різних варіантів управління водним режимом лиману.

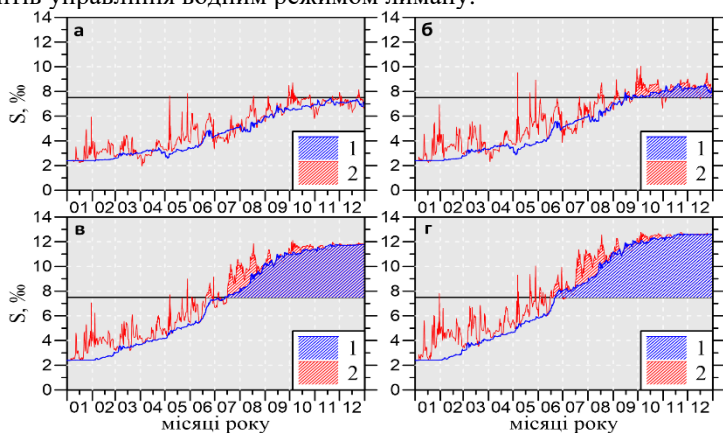


Рис. 3 – Розрахована за різними варіантами водообміну річна мінливість солоності вод лиману: а – варіант 1; б – варіант 2; в – варіант 3; г – варіант 4 (1 – у північній частині лиману біля с. Борисівка; 2 – у південній частині акваторії лиману)

Висновок: результати моделювання будуть використані для визначення оптимального режиму надходження морських вод до водойми Сасик в період перетворення прісноводної екосистеми в морську, а також необхідних заходів щодо мінімізації негативних екологічних та інших наслідків цього процесу.

Література

1 Тучковенко Ю.С., Гопченко Є.Д. Аналіз сучасного гідрологічного режиму водосховища Сасик та експертна оцінка очікуваних його змін при реконструкції у морський лиман. *Матеріали звітної науково-технічної конференції науково-педагогічних працівників ОДЕКУ*, 3-4 лютого. Одеса, 2009 р. С. 38-40.

2 D-Flow Flexible Mesh – Computational Cores and User Interface – User Manual, version: 0.9.1, SVN revision: 66806 / Deltares, Delft, the Netherlands, 2020, 556 p. URL: http://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/D-Flow_FM_User_Manual.pdf (дата звернення: 05.05.2020).

УДК 532

ТРАНСФОРМАЦІЯ ВНУТРІШНІХ УСАМІТНЕНИХ ХВИЛЬ НАД ПІДВОДНОЮ СХОДИНКОЮ У ТРИШАРОВІЙ СТРАТИФІКАЦІЇ

Терлецька К.^(1,2), Мадерич В.⁽¹⁾, Бровченко І.⁽¹⁾

*Інститут Проблем Математичних Машин і Систем НАНУ,
Україна Національний центр «Мала академія наук України», Україна*

Внутрішні хвилі поширюються на поверхні розділу шарів різної густини в стратифікованій рідині. Спостереження світового океану демонструє постійну присутність внутрішніх хвиль в багатьох морях та прибережних зонах океанів. У роботі чисельно досліджується задача про трансформацію внутрішніх усамітнених хвиль у тришаровій стратифікації над підводною сходиною (схема чисельного експерименту показана на рис.1). Виділено різні режими взаємодії в залежності від параметра блокування B і безрозмірної амплітуди хвилі α . Виділено області значень B і α де в результаті взаємодії першої моди зі сходиною формуються хвиле вищих бароклічних мод. Для моделювання динаміки внутрішніх відокремлених хвиль в тришаровій стратифікованій рідині над донним уступом в цій роботі використовуються гідродинамічна негідростатична чисельна модель з вільною поверхнею NH-POM [1]. Модель