

Васалатій Н.В., Терновський В.Б.

РОЗРАХУНКИ ШВИДКОСТЕЙ ТЕЧІЙ В ОКРЕМИХ РАЙОНАХ МЕКСИКАНСЬКОЇ ЗАТОКИ, ЯК ВАЖЛИВОЇ СКЛАДОВОЇ БЕЗПЕЧНОЇ НАВІГАЦІЇ СУДНА

Дана робота присвячена дослідженню циркуляції вод Мексиканської затоки, яка характеризується впливом вихорів і течій «Loop Current», що характерні для затоки і значно впливають на маневрені характеристики судна. Розраховані швидкості геострофічних течій та побудовані карти просторового розподілу швидкостей течій. Швидкість течій розраховувалась в деяких районах затоки, а саме в центральній, північно - східній та західній її частинах.

За відсутності фактичних даних про течії в деяких районах затоки при обрахунках використовувались дані аналізу знесення судна та її гідрологічні і гідрохімічні елементи. Карти просторового розподілу температури, солоності, морської води та просторового розподілу швидкостей течій на розрізах в окремих районах затоки побудовані за допомогою програмного продукту OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017). Розраховані швидкості геострофічних течій можуть бути використані при керуванні судами, так як результати розрахунків швидкості течії по полю щільності схожі зі схемою течій, які побудовано за даними вимірюваних значень їх швидкості і напрямку.

Система течій Мексиканської затоки є однією з найскладніших в світовому океані і включає в себе декілька окремих потоків. Кожен з них має свій характерний напрям та швидкість руху води. Так швидкості течій у центрі східної частини затоки у поверхневому шарі досягають 100 см/с. Швидкість течії, що прямує на захід через банку Кампече, утворюючи північну периферію циклонічного круговороту в затоці, досягає 70 см/с, а в деяких відрізках часу і більше. Загалом, даний район Мексиканської затоки характеризується складною системою течій, яка безперечно, має впливає на поворотливість та швидкість судна, а також викликає бічний його знос. Тому банка Кампече характеризується знесенням суден та важкими навігаційними умовами.

В роботі, також розглянуто вплив течій на маневрені характеристики судна. Визначені райони, які характеризуються великою кількістю даних щодо знесення суден.

Ключові слова. *Мексиканська затока, швидкість течії, солоність, температура, безпечна навігація, керування маневрами судна, метеокарти.*

Постановка проблеми. *Мексиканська затока характеризується складною системою течій, яка значно впливає на маневрені характеристики судна. Отже, актуальність роботи не викликає сумнівів, так як пов'язана з дослідженням циркуляції вод затоки, що має важливе значення для оцінки впливу течії на маневрені характеристики судна. Як відомо, маса води, що рухається, має щільність у 800-1000 разів більшу за щільність повітря і може генерувати величезні сили. Тому дуже важливо враховувати швидкість і напрямок течії на кожному курсі, та пам'ятати, що Потрібно пам'ятати, що елементи течії – напрям і швидкість — схильні до значних змін, тому дуже важливо враховувати їх показники на кожному курсі. Оскільки на течії значно змінюються інерційні характеристики судна та спотворюється крива циркуляції на поворотах. при плаванні на течії слід контролювати своє місце всіма доступними способами.*

Аналіз літературних джерел. *Мексиканська затока за своєю гідрологією є одним із найцікавіших районів Світового океану, який привертає увагу дослідників з різних країн. Це пов'язано з тим, що циркуляція її вод дуже складна і не демонструє чіткої місячної або сезонної мінливості; вона складається з багатьох моделей циркуляції, що відбуваються в різних*

просторових масштабах і тривають від кількох тижнів до кількох місяців (Monreal-Gómez and Salas-de León, 1997; Zavala-Hidalgo et al., 2003; Vázquez de la Cerda et al., 2005; Vukovich, 2007; Dubranna et al., 2011; Pérez-Brunius et al., 2013; Zavala-Sansón et al., 2017; Zavala-Sansón, 2019) [18, 29, 23, 24, 10, 22, 25, 26]. Циркуляція та пов'язана з нею мінливість є результатом взаємодії різних процесів у океані на мезомасштабному рівні, в даному районі спостерігається напівпостійна циклонічна циркуляція, яка називається Кампечським круговоротом (Monreal-Gómez and Salas-de León, 1997; Vázquez de la Cerda et al., 2005; Pérez-Brunius et al., 2013), сезонна циркуляція у формі інтенсивної вздовжберегової течії на західній околиці басейну (Zavala-Hidalgo et al., 2003; Dubranna et al., 2011), і аперіодичне надходження вихорів петлевих струмів (Vidal et al., 1992; Vukovich, 2007; Meza-Padilla et al., 2019) [18, 21, 20, 23, 10, 25, 24, 21.].

Спостереження (Vázquez de la Cerda та ін., 2005; Pérez-Brunius та ін., 2013) і спрощені теоретичні та чисельні дослідження (Zavala-Sansón, 2019) виявили різні характеристики мінливості океану в південній частині Мексиканської затоки. Vázquez de la Cerda et al. (2005) охарактеризував середню циркуляцію та мінливість південної частини затоки, використовуючи супутникові дані про поверхню моря, гідрографічні дані на глибині 425, 800 і 1500 м, а також вимірювання дрейфів і поплавців на глибині 900 м. Вони визначили суттєві закономірності циркуляції в регіоні разом із їхньою сезонною та несезонною мінливістю, часовими варіаціями та можливими пов'язаними впливами, наголошуючи на коловороті Кампече [23, 22, 26].

Pérez-Brunius et al. (2013) проаналізували поверхневу циркуляцію південної частини Мексиканської затоки, використовуючи трирічні дані надводних дрейфувальників, поточних вимірювачів (розгорнутих на глибині 500 і 2000 м) і супутникової альтиметрії. Вони спостерігали важливі впливи петлевих течій на мінливість круговороту Кампече, розмір і розташування якого розмежовані батиметрією регіону, що підтверджує актуальність збереження потенційної завихреності та еквівалентно-баротропної моделі для опису динаміки круговороту [20].

Zavala-Sansón (2019) використовував еквівалентне баротропне моделювання, щоб дослідити формування Кампечського коловороту з огляду на його баротропну вертикальну структуру. Він виявив, що формування круговороту узгоджується з еквівалентно-баротропною динамікою і що воно топографічно обмежене відповідно до форми геострофічних контурів [28].

Мета роботи. На основі даних температури та солоності морської води побудованих на регулярній сітці з кроком 0,125 градуса по широті та довготі, а також даних натурних експедиційних досліджень на різних розрізах, провести розрахунок швидкостей течій та побудувати карти просторового їх розподілу в окремих районах акваторії Мексиканської затоки. Оцінити вплив швидкості та напрямку течії на рух судна.

Основна частина. Вихідними даними у роботі використані матеріали Національного управління океанічних і атмосферних досліджень (NOAA) [24, 25, 26]. Вони включають в себе дані про температуру та солоність морської води у період 2008-2015 рр., побудовані на регулярній сітці з кроком 0,125 градуса по широті та довготі а також дані натурних досліджень експедицій (розрізи - північно-східна та центральна частини Мексиканської затоки, (рис. 1).

Карти просторового розподілу температури, солоності, морської води та просторового розподілу швидкостей течій на розрізах в окремих районах затоки побудовані за допомогою програмного продукту OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017). (див. рис.1).

Робота присвячена дослідженню циркуляції вод Мексиканської затоки, для якої характерні і значною мірою впливають на маневрені характеристики судна вихрі і течії «Loop Current». Вона є одним із найцікавіших районів Світового океану з точки зору гідрологічних особливостей. Для акваторія Мексиканської затоки характерні досить складні системи течій, що мають вплив на швидкість судна, поворотливість, та викликає його бічний. Зустрічається дуже багато даних про знос судна саме в цій акваторії. Як відомо, вплив течії пропорційний швидкості судна та його курсу відносно течії. При зустрічній течії коли виникає додатковий

тиск на перо керма, судно краще слухається керма, а при попутній течії керованість значно погіршується.

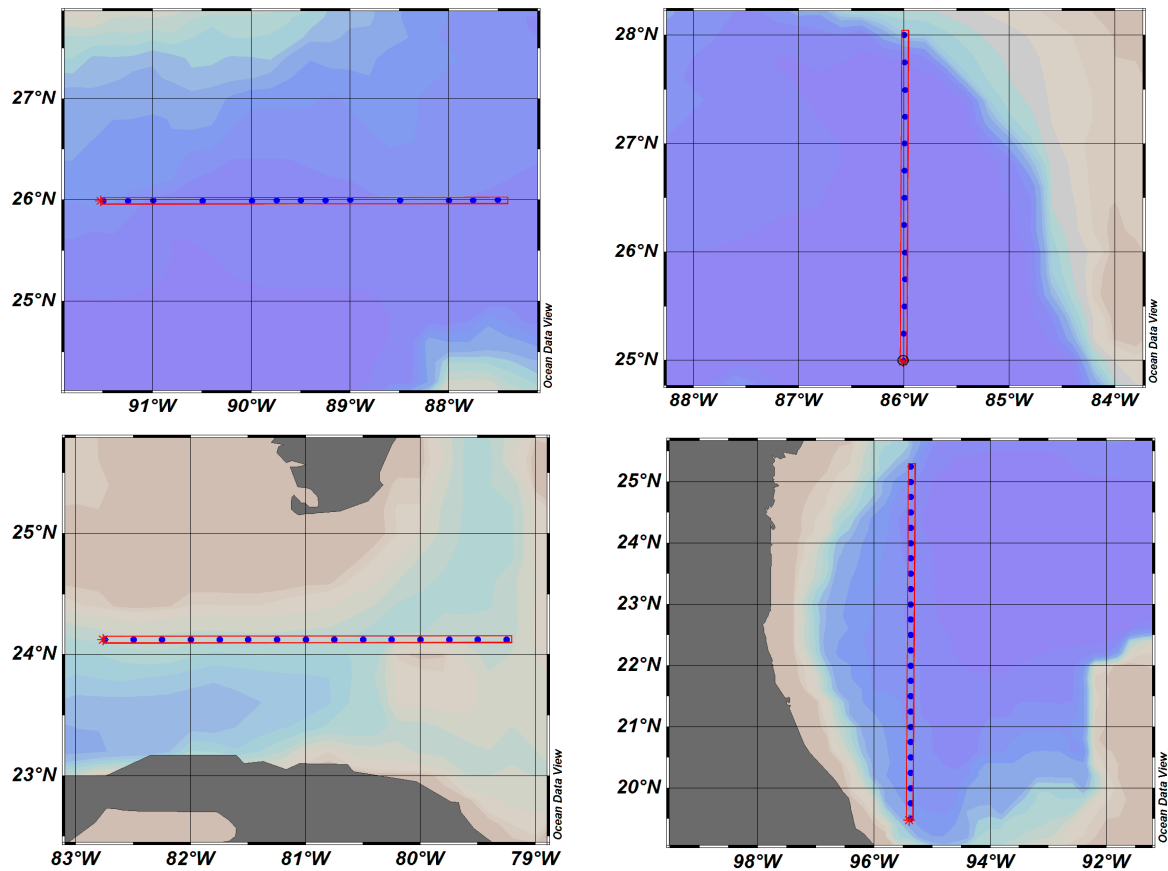


Рисунок 1 - Розташування розрізів в акваторії Мексиканської затоки (програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

Поряд з цим, при керуванні судном слід враховувати елементи припливно-відливних течій, а саме моменти і висоти повної та малої вод. Потрібно заздалегідь розрахувати на термін наміченої проводки судна напрямок та швидкість течій припливно-відливної характеру.

Дуже важливо звертати увагу на зміну курсу судна і враховувати бічний його знос при проході під мостами і при підході до причалів, плаванні фарватерами і по створах, Особливо небезпечний бічний знос на крутих поворотах фарватера під час руху судна за течією. Відцентровою силою інерції посилюється бічне знесення судна, що виникає при його повороті і може призвести до різкого закидання корми судна на зовнішній бік повороту. Також зростання швидкості течії спостерігається у вузкостях, при посиленні вітру та попутної течії.

Отже, при керуванні судном на різних курсах, особливу увагу потрібно приділяти швидкості та напрямку течії і пам'ятати, що дані характеристики схильні до значних змін. При плаванні на течії слід контролювати своє місце всіма доступними способами. На течії значно змінюються інерційні характеристики судна та спотворюється крива циркуляції на поворотах.

Швидкість течій розраховувалась в декількох районах затоки, а саме в центральній, північно - східній та західній її частинах. За відсутності фактичних даних про течії в деяких районах затоки при обрахунках використовувались дані аналізу знесення судна та її гідрологічні і гідрохімічні елементи.

На даний час, активно проводяться глибоководні спостереження за температурою та солоністю морської води. За результатами таких спостережень вдалося виконати розрахунки геострофічних течій в акваторії Мексиканської затоки. Розраховані швидкості геострофічних течій можуть бути використані при керуванні судами, так як результати розрахунків швидкості течії по полю щільності схожі зі схемою течій, які побудовано за даними вимірюваних значень їх швидкості і напрямку.

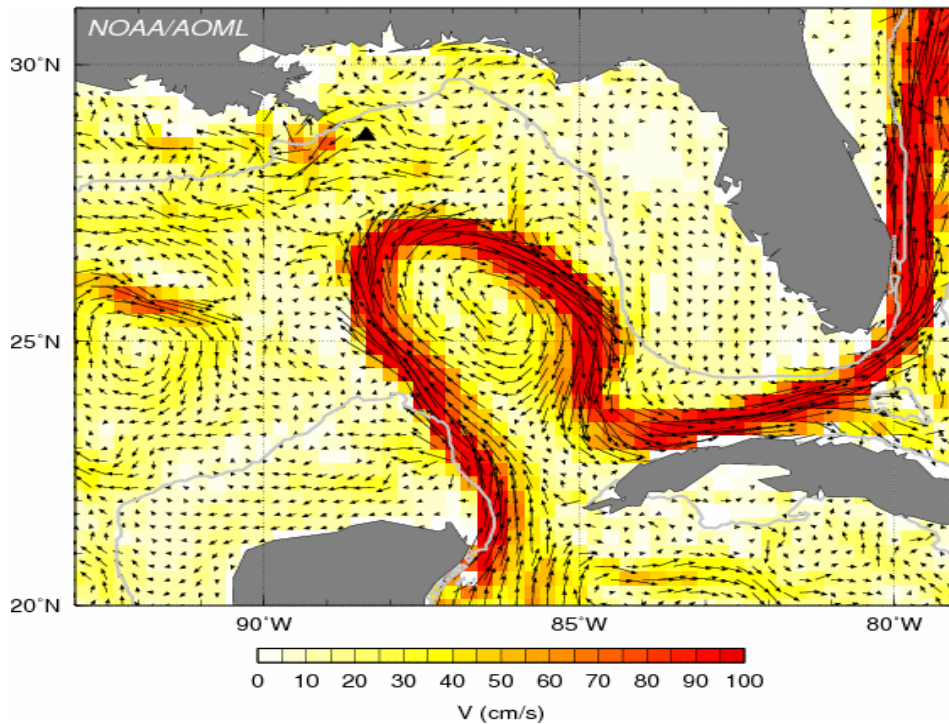


Рисунок 2 - Карта руху поверхневих течій за траскторією синтетичних дрифтерів. [15].

Взагалі, система течій Мексиканської затоки є однією з найскладніших систем у Світовому океані. Течія верхнього шару виходячи з Юкатанської протоки в затоку, ділиться на декілька окремих потоків (рис. 2). Один з них відразу, вздовж Кубинського берега повертає до Флоридської протоки. Інший, у центрі східної частини затоки описує петлю з антициклонічним обертанням води. (рис. 2).

В центрі східної частини затоки у поверхневому шарі води швидкості течії змінюються в межах 75-100 см/с (рис. 5, 8). Швидкість руху води у другому потоці набагато більша в порівнянні першим. Частина його вод, описавши петлю, приєднується до першого потоку і йде у Флоридську протоку, у зв'язку з чим швидкості течії в протоці зростають. Інша частина знову залучається до кругообігу. Цей антициклонічний кругообіг дуже добре простежується за розподілом усіх гідрологічних елементів (температури, солоності, щільності), а також за положенням шару підповерхневої субтропічної води та рельєфу шару максимальних градієнтів температури (рис.6). Третя гілка течії, яка виходить з Юкатанської протоки, спрямована на захід через банку Кампече. Біля західного берега, течія розгалужується. Одна з течій прямує на південь утворюючи в затоці Кампече циклонічний кругообіг. Інша - повертає назад, йде спочатку на схід, а потім (не доходячи до головного антициклонічного круговороту) на північ і утворює другий циклонічний кругообіг у західній частині Мексиканської затоки. Цей великий кругообіг, аналогічно кругообігу в затоці Кампече, добре простежується по розподілу температури та солоності води на кількох верхніх горизонтах. Західна течія, що перетинає банку Кампече, а потім утворює північну периферію циклонічного круговороту в затоці

Кампече, має швидкість близько 70 см/с, а в окремі моменти часу, ймовірно, і більше. Оскільки, у західній частині Мексиканської затоки швидкості течій розраховані за осередненими даними температури та солоності морської води за багаторічний період (2008-2015 рр., березень місяць) на розрізі з кроком 0,125 градуса по широті, швидкості течії спостерігаються нижче (10-15 см/с, рис.11), ніж можуть спостерігатися в окремі сезони року. Третя гілка течії, що виходить з Юкатанської протоки, і прямує на захід через банку Кампече, добре простежується за результатами вимірювань на буйкових станціях і знесення суден, що проходять через банку. Однак, через те, що течія йде по мілководдю, її не можна розраховувати як геострофічну. Між північною периферією циклонічного кругообігу затоки Кампече та південною периферією другого круговороту в його західній частині спостерігається сходження течій та опускання вод. Північний циклонічний кругообіг, який є набагато більшим, знаходиться на тій же широті, що і головний антициклонічний кругообіг у східній частині Мексиканської затоки. Між цими двома кругообігами, а також на північному схилі банки Кампече, існують дрібніші вихори з циклонічним та антициклонічним обертанням, які дуже ускладнюють картину циркуляції вод у цій частині затоки (рис. 2). Отже, банка Кампече характеризується складною системою течій і безпосередньо впливає на швидкість судна, поворотливість, викликає бічний знос судна.

Також відомо, що судно, яке перетинає міліну Кампече, повинно безперервно проводитись вимірювання глибини, оскільки карти цього району застаріли, а нових гідрографічних досліджень не проводилося. Деякі небезпеки на цій ділянці мають стрімкі кромки, які виявляються по товщі і шарах; інші небезпеки розпізнаються за кольором води. Від точки, що знаходиться в 23 милях на північ від мису Каточе ($21^{\circ}36'N$, $87^{\circ}05'W$), судно, що прямує в південно-західну частину Мексиканської затоки, повинно прямувати шляхом 270° доти, доки риф Алакран ($22^{\circ}28'N$, $89^{\circ}43'W$), що знаходиться за 65 миль на N від порту Прогресо ($21^{\circ}16'N$, $89^{\circ}40'W$), не опиниться на траверзі за 10 миль на північ від судна. Необхідно бути обережними, проходячи повз банок, що знаходяться північніше мису Ялькабуль ($21^{\circ}32'N$, $88^{\circ}38'W$). При проходженні цими шляхами потрібно бути дуже уважними і обережними.

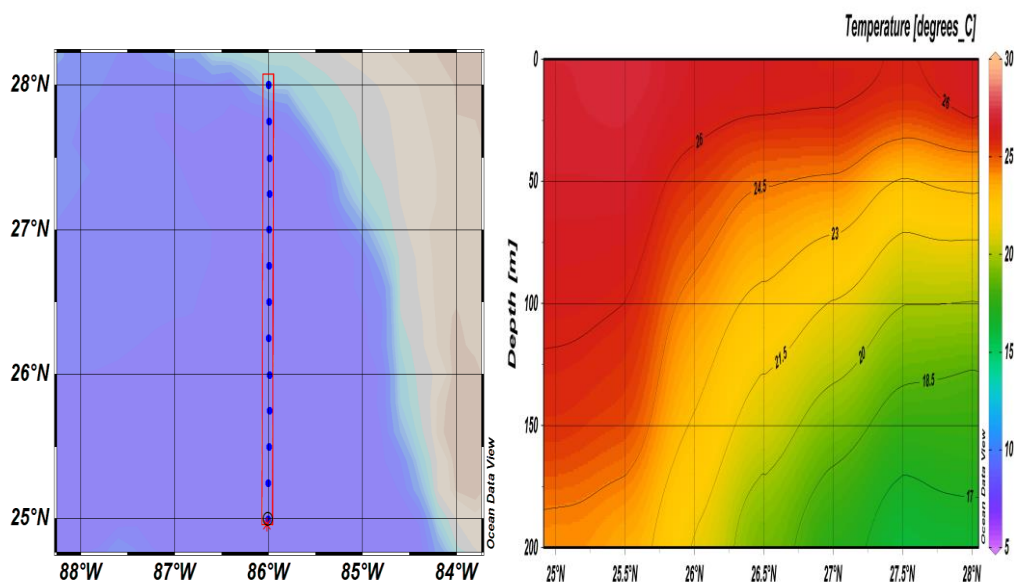


Рисунок 3 - Карта просторового розподілу температури морської води на розрізі в північно-східній частині Мексиканської затоки (травень 2017 р).

(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

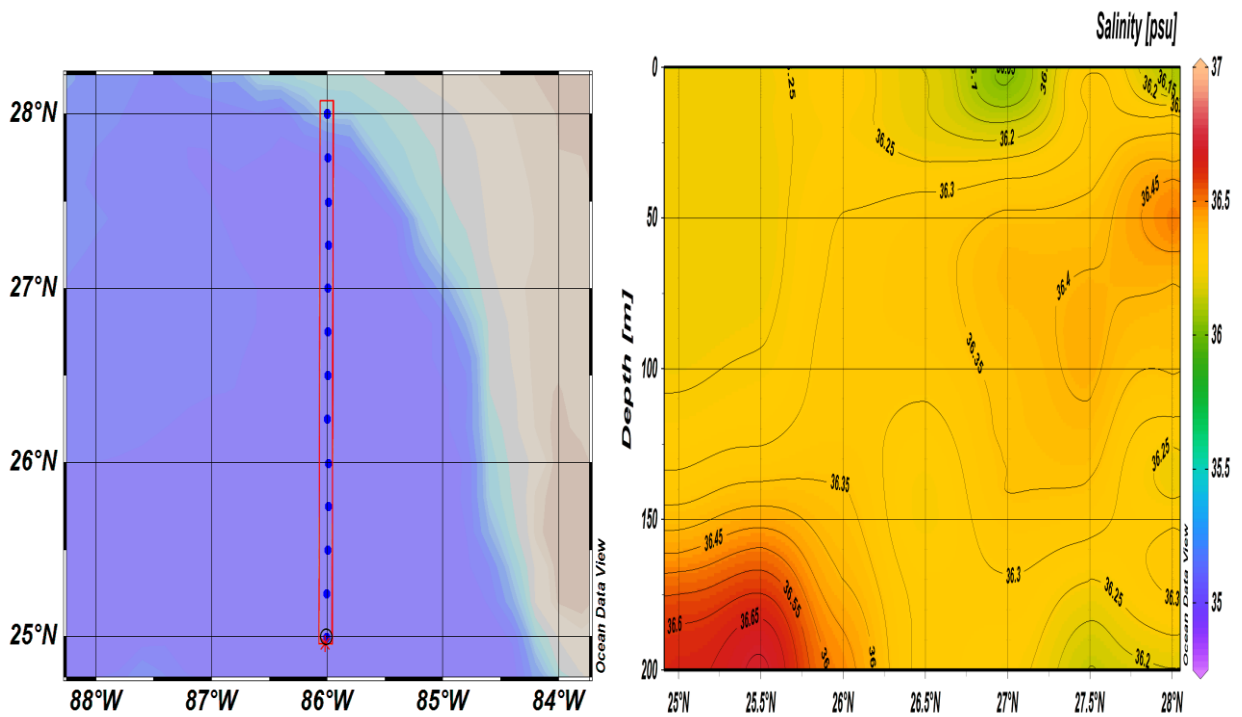


Рисунок 4 - Карта просторового розподілу солоності морської води на розрізі в північно-східній частині Мексиканської затоки (травень 2017 р).
(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

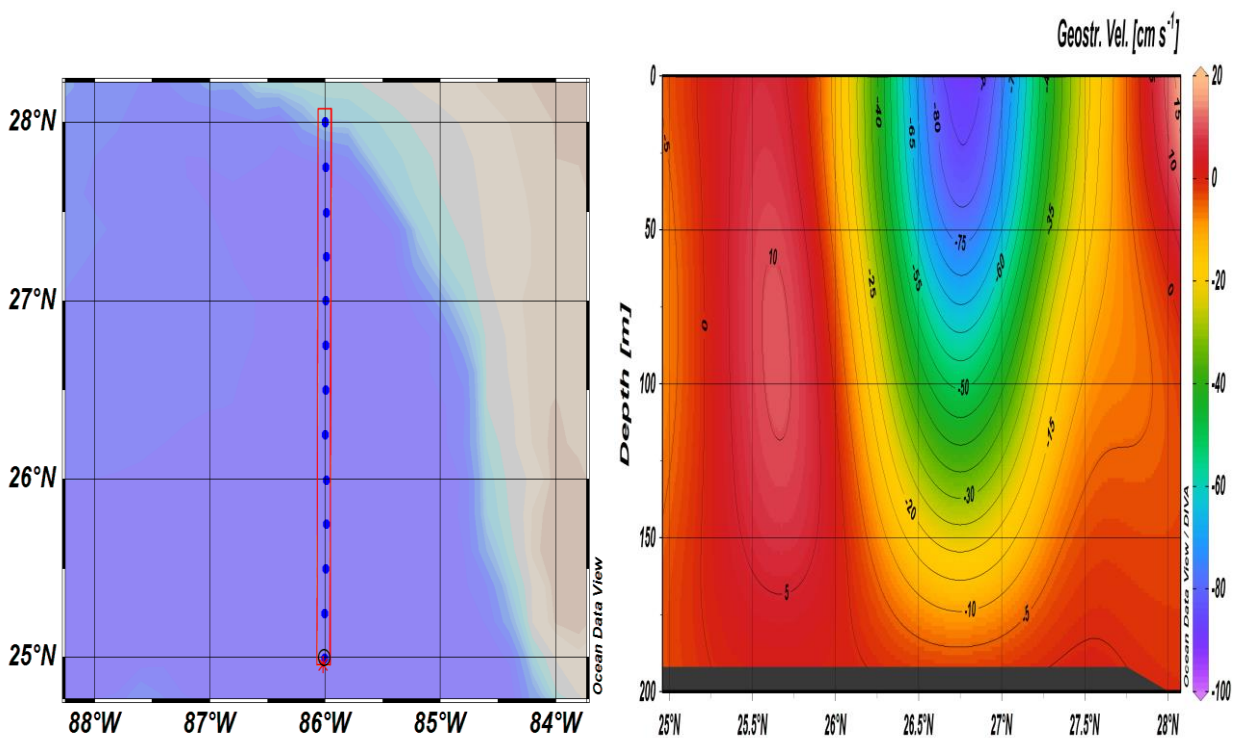


Рисунок 5 - Карта просторового розподілу швидкостей течій на розрізі в північно-східній частині Мексиканської затоки (травень 2017 р).
(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

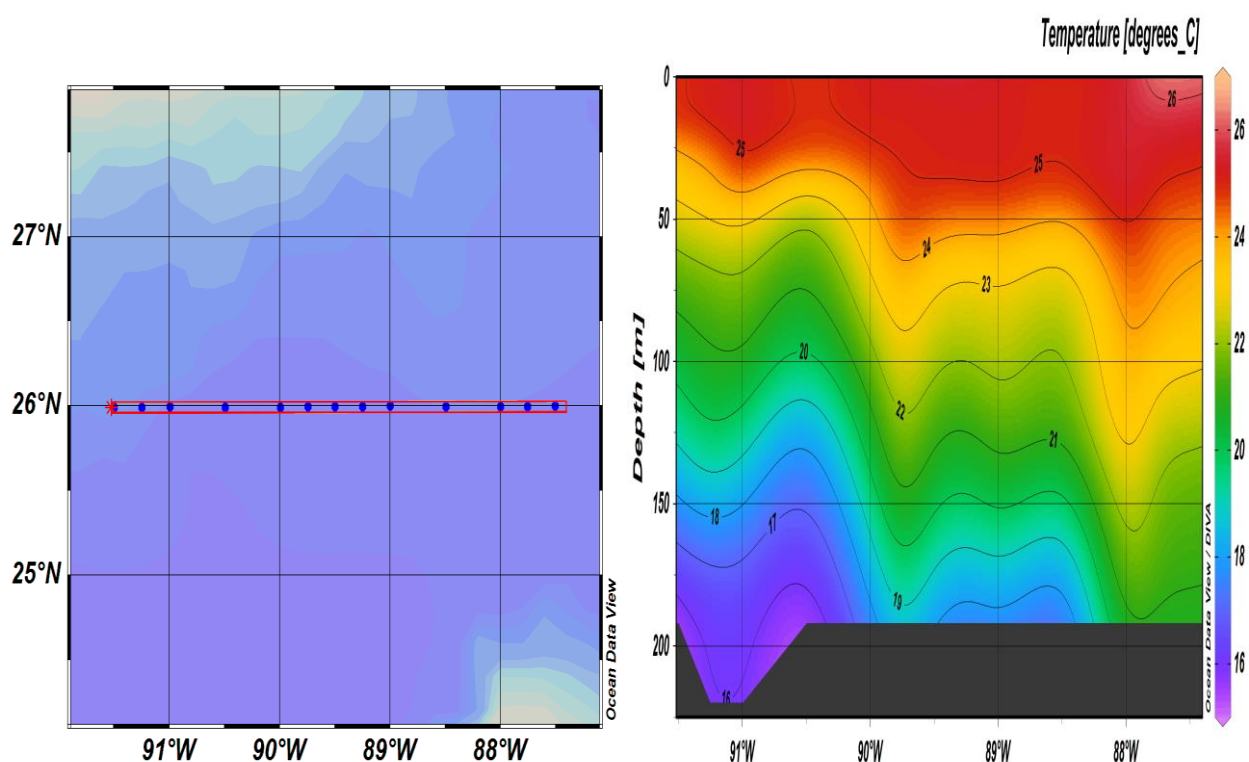


Рисунок 6 - Карта просторового розподілу температури морської води на розрізі в центральній частині Мексиканської затоки (травень 2017 р).

(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

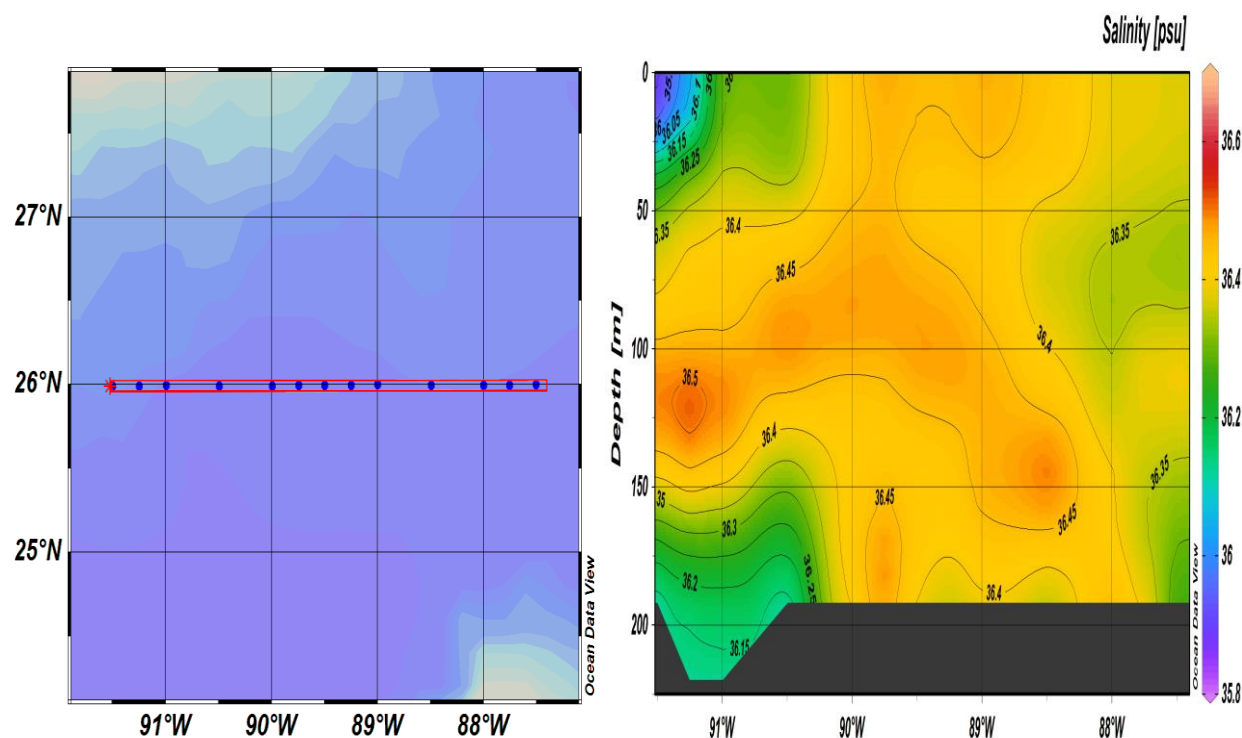


Рисунок 7 - Карта просторового розподілу солоності морської води на розрізі в центральній частині Мексиканської затоки (травень 2017 р).

(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

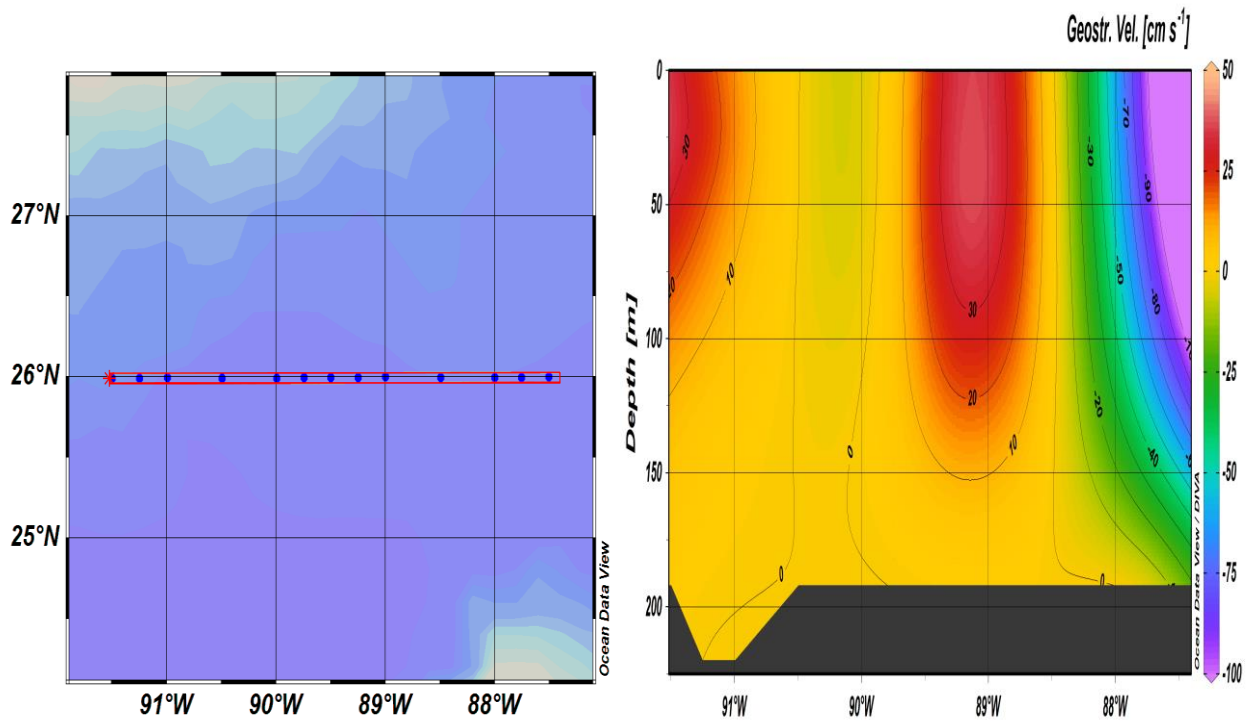


Рисунок 8 - Карта просторового розподілу швидкостей течій на розрізі в центральній частині Мексиканської затоки (травень 2017 р).

(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

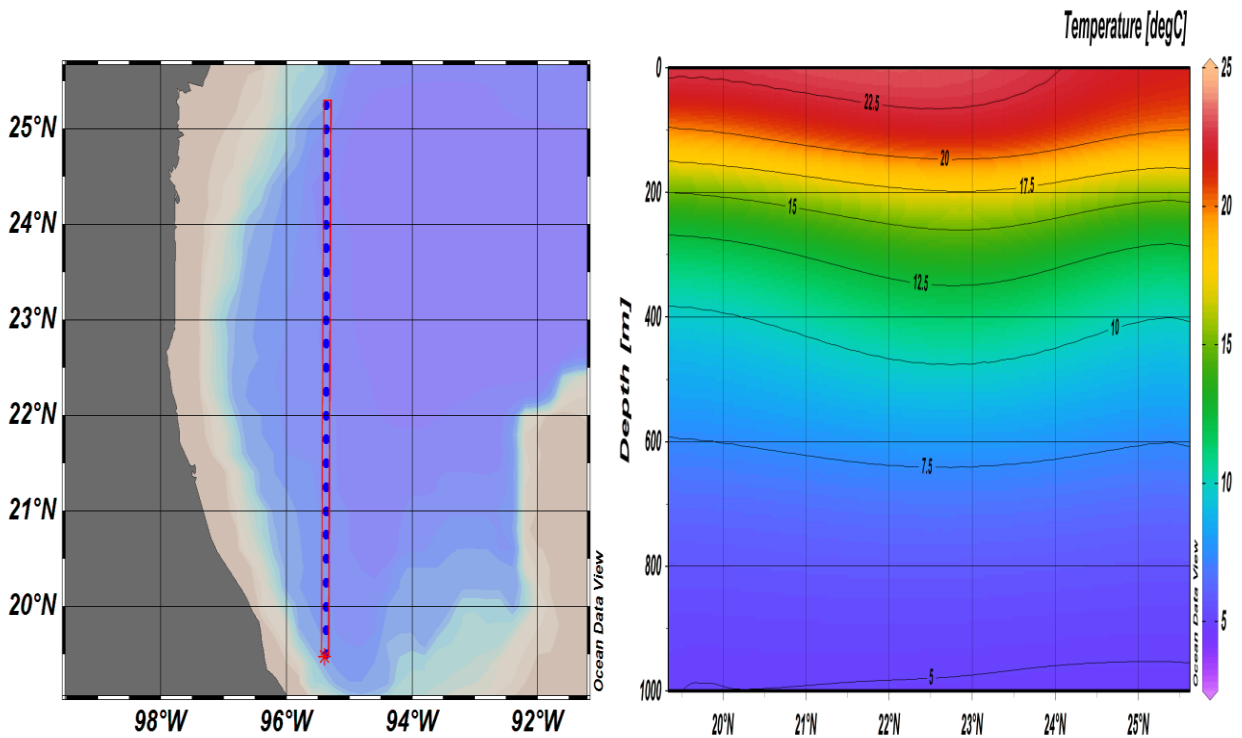


Рисунок 9 - Карта просторового розподілу температури морської води на розрізі у західній частині Мексиканської затоки (березень 2008-2015 рр.).

(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

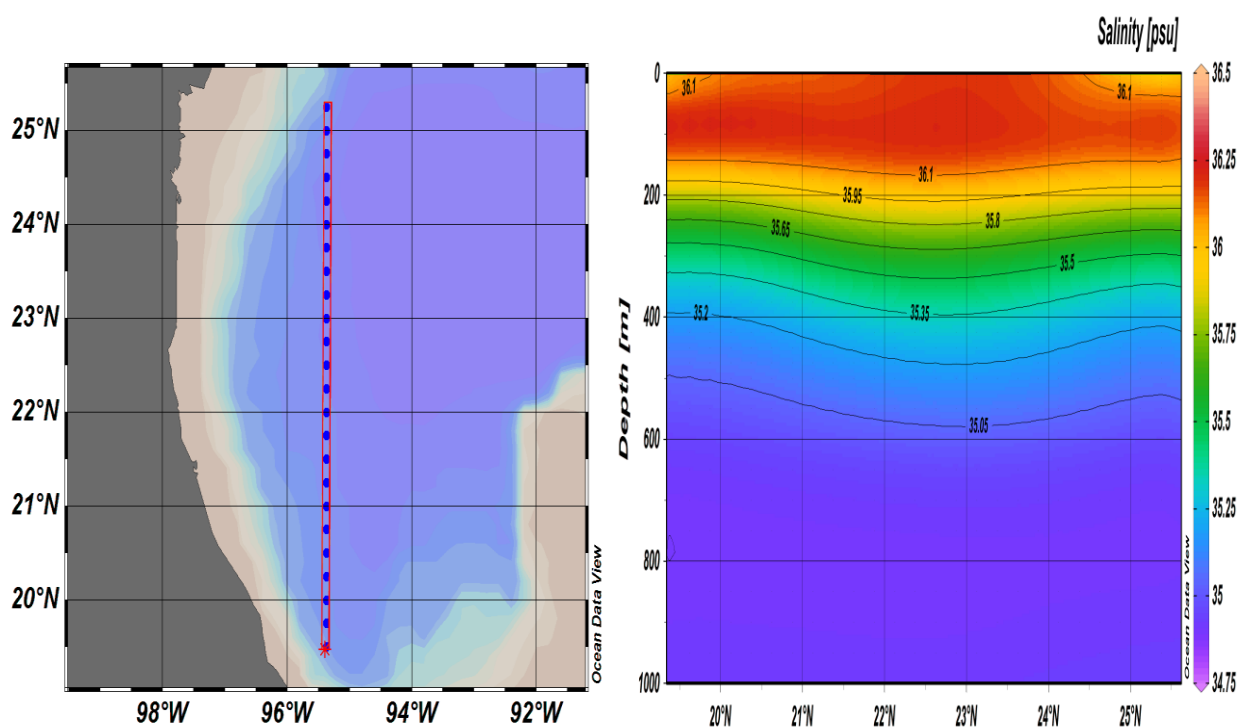


Рисунок 10 - Карта просторового розподілу солоності морської води на розрізі у західній частині Мексиканської затоки (березень 2008-2015 рр.).
(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

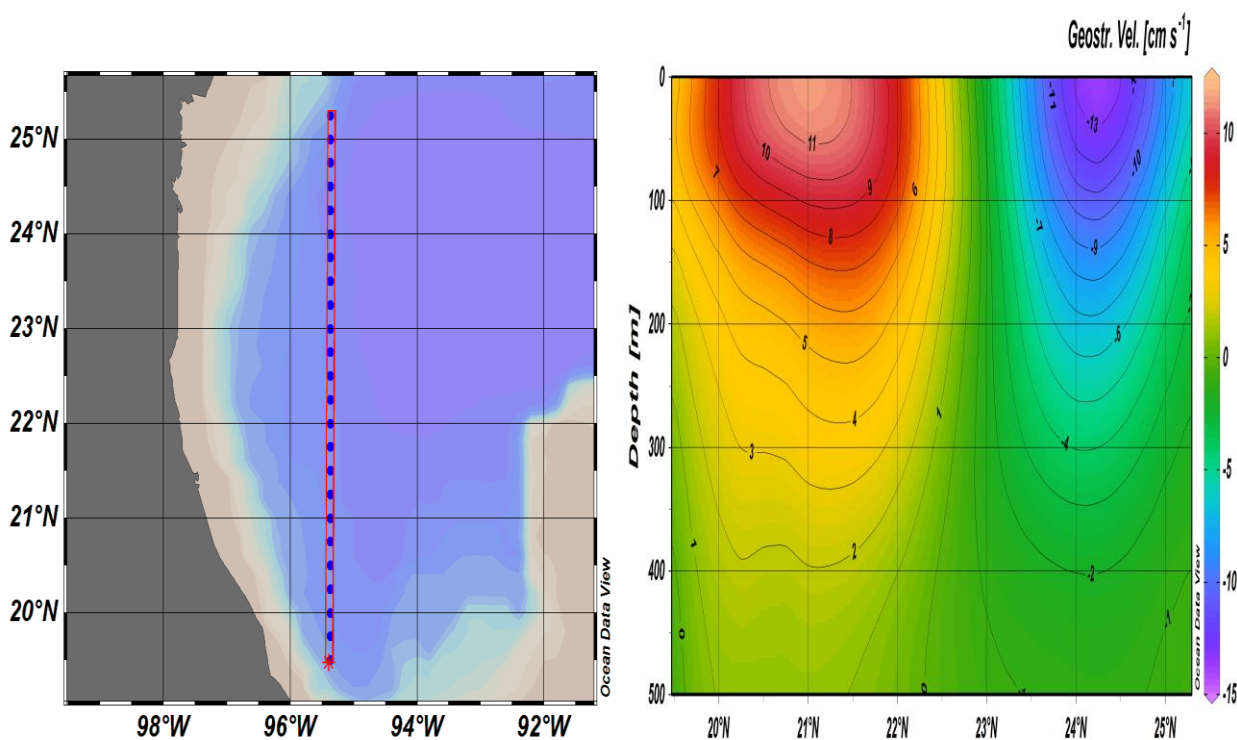


Рисунок 11 - Карта просторового розподілу швидкостей течій на розрізі у західній частині Мексиканської затоки (березень 2008-2015 рр.).
(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

Висновки. В роботі проведені дослідження циркуляції вод Мексиканської затоки та аналіз її гідрологічних умов. Мексиканська затока характеризується дуже складною системою течій, що безпосередньо впливає на швидкість судна, поворотливість, викликає бічний знос судна. Розраховані швидкості та побудовані карти просторового розподілу швидкостей течій, температури і солоності морської води в окремих районах Мексиканської затоки. Визначені райони, які характеризуються великою кількістю даних щодо знесення суден: один з них це банка Кампече, що характеризується складною системою течій. Течія, що йде на захід через банку Кампече, а потім утворює північну периферію циклонічного круговороту в затоці Кампече, характеризується значними швидкостями, що можуть досягати 70 см/с. Аналіз навігаційно-гідрографічних умов показав, що судно, яке перетинає міліну Кампече, повинне безперервно вимірювати глибини, оскільки карти цього району застаріли, а нових гідрографічних досліджень не проводилося.

Швидкості течій у центрі східної частини затоки у поверхневому шарі води змінюються в межах 75-100 см/с.

Таким чином, отримані розрахунки швидкостей течій можуть бути використані при керуванні судами, оскільки геострофічні течії розраховані по полю щільності можна порівняти зі схемою течій, побудованою на підставі вимірюваних значень швидкості і напрямку течій. Також отримані результати можна використовувати при розрахунках навантаження бічної течії, що впливає на швидкість, поворотливість судна, викликає бічний знос.

ЛІТЕРАТУРА

1. Михайлов В.І., Кучеренко Н.В. Спеціальні розділи фізичної океанології / Одеса, Екологія, 2011. - 238 с.
2. Суховій В.Ф. Основні риси гідрологічного режиму Атлантичного і тихоого океанів / Суховій В.Ф. – К.: УМК ВО, 1992. – 218с.
3. Суховій В.Ф. Фізична океанологія/Суховій В.Ф.–Одеса:АОБАХВА, 2001. – 315 с.
4. Хойєр Г. Управління судами під час маневрування, 1992. - 101 с.
5. Vukovich, F. M., 1986: Aspects of the behavior of cold perturbations in the eastern Gulf of Mexico: A case study. J. Phys. Oceanogr., 16, 175—188.
6. B. W. Crissman, M. Bushnell and W. J. King, 1979: Some aspects of the oceanography of the Gulf of Mexico using satellite and in situ data. /. Geophys. Res., 84(C12), 7749—7768.
7. Booklet Chart Gulf of Mexico / National Oceanic and Atmospheric Administration / NOAA Chart 411.
8. Brooks, D. A., 1984: Current and hydrographic variability in the northwestern Gulf of Mexico. J. Geophys. Res., 89(C5), 8022- 8032.
9. Brown, M., E. Waddell and R. J. Wayland, 1989: Gulf of Mexico Ship-of-Opportunity Data Rep., update: October 1985-March 1988. OCS Study / MMS 89-0013, 598 pp.
10. Dubranna J., Pérez-Brunius P., López M., Candela J. (2011). Circulation over the continental shelf of the western and southwestern Gulf of Mexico. J. Geophys. Res.: Oceans 116, C08009. doi: 10.1029/2011JC007007
11. Direct observations of the upper layer circulation in the southern Gulf of Mexico. Deep Sea Res. Part II: Topical Stud. Oceanogr. 85, 182—194. doi: 10.1016/j.dsr2.2012.07.020
12. Emery, W.J., 2003. Ocean circulation - water types and water masses. In: Holton, J.R. (Ed.), Encyclopedia of Atmospheric Sciences. Academic Press, pp. 1556-1567.
13. Foreman, M. G. G., 1979: Manual for tidal currents analysis and prediction. Pacific Marine Sci. Rep. 78-6, Institute of Ocean Studies, Patricia Bay, Sydney BC, 70 pp.
14. Hofmann, E. E., and S. J. Worley, 1986: An investigation of the circulation of the Gulf of Mexico. J. Geophys. Res., 91(C12), 14 221 — 14 236.

15. Hurlburt, H. E., and J. D. Thompson, 1980: A numerical study of Loop Current intrusions and eddy shedding. *J. Phys. Oceanogr.*, 10, 1611-1651.
16. Hamilton P., Bower A., Furey H., Leben R. R., Pérez-Brunius P. (2016). Deep Circulation in the Gulf of Mexico: A Lagrangian Study. (New Orleans, Louisiana Hamilton 2016: U.S. Dept. of the Interior Bureau of Ocean Energy Management, Gulf of Mexico OCS Region), 289.
17. Kirwan, A. D., W. J. Merrell, Jr., J. K. Lewis and R. E. Whitaker, 1984: Lagrangian observations of an anticyclonic ring in the western Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.*, 89(C3), 3417-3424.
- Koopmans, L. H., 1974: The spectral analysis of time series, Academic 353 pp.
18. Monreal-Gómez M., Salas-de León D. (1997). "Circulación y estructura termohalina del Golfo de México," in *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, Monografía, vol. 3. Ed. Lavín-Peregrina M. (Unión Geofísica Mexicana), 183–199.
19. Meza-Padilla R., Enríquez C., Liu Y., Appendini C. M. (2019). Ocean circulation in the Western Gulf of Mexico using self-organizing maps. *J. Geophys. Res.: Oceans* 124, 4152–4167. doi: 10.1029/2018JC014377
20. Pérez-Brunius P., García-Carrillo P., Dubranna J., Sheinbaum J., Candela J. (2013).
21. Vázquez de la Cerda A. M., Reid R. O., DiMarco S. F., Jochens A. E. (2005). "Bay of Campeche circulation: An update," in *Circulation in the Gulf of Mexico: Observations and models*. Eds. Sturges W., Lugo-Fernandez A. (American Geophysical Union), 279–293. doi: 10.1029/161GM20
22. Vukovich F. M. (2007). Climatology of ocean features in the Gulf of Mexico using satellite remote sensing data. *J. Phys. Oceanogr.* 37, 689–707. doi: 10.1175/JPO2989.1
23. Vidal V. M. V., Vidal F. V., Pérez-Molero J. M. (1992). Collision of a Loop Current anticyclonic ring against the continental shelf slope of the western Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.: Oceans* 97, 2155–2172. doi: 10.1029/91JC00486
24. National Centers for Environmental information [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ncei.noaa.gov/>
25. National Centers for Environmental information. Ocean Physics. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ncei.noaa.gov/products/ocean-physics>
26. Chart Sources [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://opencpn.org/OpenCPN/info/chartsources.html>
27. Zavala-Hidalgo J., Morey S. L., O'Brien J. J. (2003). Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *J. Geophys. Res.: Oceans* 108, 3389. doi: 10.1029/2003JC001879
28. Zavala-Sansón L. (2019). Nonlinear and time-dependent equivalent-barotropic flows. *J. Fluid Mechanics* 871, 925–951. doi: 10.1017/jfm.2019.354
29. Zavala-Sansón L., Pérez-Brunius P., Sheinbaum J. (2017). Point source dispersion of surface drifters in the southern Gulf of Mexico. *Environ. Res. Lett.* 12, 024006. doi: 10.1088/1748-9326/aa537c.

REFERENCES

1. Mykhaylov V.I., Kucherenko N.V. *Spetsial'ni rozdil'y fizychnoyi okeanolohiyi* / Odesa, Ekolohiya, 2011. - 238 s.
2. Sukhoviyy V.F. *Osnovni rysy hidrolohichnoho rezhymu Atlantychnoho i tykhoho okeaniv* / Sukhoviyy V.F. – K.: UMK VO, 1992. – 218s.
3. Sukhoviyy V.F. *Fizychna okeanolohiya* / Sukhoviyy V.F. – Odesa: AO BAKHVA, 2001. – 315 s.
4. Khoyyer H. *Upravlinnya sudamy pid chas manevruvannya*, 1992. - 101 s.
5. Vukovich, F. M., 1986: Aspects of the behavior of cold perturbations in the eastern Gulf of Mexico: A case study. *J. Phys. Oceanogr.*, 16, 175–188.
6. B. W. Crissman, M. Bushnell and W. J. King, 1979: Some aspects of the oceanography of the Gulf of Mexico using satellite and in situ data. *J. Geophys. Res.*, 84(C12), 7749–7768.

7. Booklet Chart Gulf of Mexico / National Oceanic and Atmospheric Administration / NOAA Chart 411.
8. Brooks, D. A., 1984: Current and hydrographic variability in the northwestern Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.*, 89(C5), 8022–8032.
9. Brown, M., E. Waddell and R. J. Wayland, 1989: Gulf of Mexico Ship-of-Opportunity Data Rep., update: October 1985–March 1988. OCS Study / MMS 89—0013, 598 pp.
10. Dubranna J., Pérez-Brunius P., López M., Candela J. (2011). Circulation over the continental shelf of the western and southwestern Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.: Oceans* 116, C08009. doi: 10.1029/2011JC007007
11. Direct observations of the upper layer circulation in the southern Gulf of Mexico. *Deep Sea Res. Part II: Topical Stud. Oceanogr.* 85, 182–194. doi: 10.1016/j.dsr2.2012.07.020
12. Emery, W.J., 2003. Ocean circulation - water types and water masses. In: Holton, J.R. (Ed.), *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*. Academic Press, pp. 1556–1567.
13. Foreman, M. G. G., 1979: Manual for tidal currents analysis and prediction. *Pacific Marine Sci. Rep.* 78-6, Institute of Ocean Studies, Patricia Bay, Sydney BC, 70 pp.
14. Hofmann, E. E., and S. J. Worley, 1986: An investigation of the circulation of the Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.*, 91(C12), 14 221 — 14 236.
15. Hurlburt, H. E., and J. D. Thompson, 1980: A numerical study of Loop Current intrusions and eddy shedding. *J. Phys. Oceanogr.* 10, 1611–1651.
16. Hamilton P., Bower A., Furey H., Leben R. R., Pérez-Brunius P. (2016). Deep Circulation in the Gulf of Mexico: A Lagrangian Study. (New Orleans, Louisiana Hamilton 2016: U.S. Dept. of the Interior Bureau of Ocean Energy Management, Gulf of Mexico OCS Region), 289.
17. Kirwan, A. D., W. J. Merrell, Jr., J. K. Lewis and R. E. Whitaker, 1984: Lagrangian observations of an anticyclonic ring in the western Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.*, 89(C3), 3417–3424. Koopmans, L. H., 1974: The spectral analysis of time series, Academic 353 pp.
18. Monreal-Gómez M., Salas-de León D. (1997). “Circulación y estructura termohalina del Golfo de México,” in *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, Monografía, vol. 3 . Ed. Lavín-Peregrina M. (Unión Geofísica Mexicana), 183–199.
19. Meza-Padilla R., Enríquez C., Liu Y., Appendini C. M. (2019). Ocean circulation in the Western Gulf of Mexico using self-organizing maps. *J. Geophys. Res.: Oceans* 124, 4152–4167. doi: 10.1029/2018JC014377
20. Pérez-Brunius P., García-Carrillo P., Dubranna J., Sheinbaum J., Candela J. (2013).
21. Vázquez de la Cerda A. M., Reid R. O., DiMarco S. F., Jochens A. E. (2005). “Bay of Campeche circulation: An update,” in *Circulation in the Gulf of Mexico: Observations and models*. Eds. Sturges W., Lugo-Fernandez A. (American Geophysical Union), 279–293. doi: 10.1029/161GM20
22. Vukovich F. M. (2007). Climatology of ocean features in the Gulf of Mexico using satellite remote sensing data. *J. Phys. Oceanogr.* 37, 689–707. doi: 10.1175/JPO2989.1
23. Vidal V. M. V., Vidal F. V., Pérez-Molero J. M. (1992). Collision of a Loop Current anticyclonic ring against the continental shelf slope of the western Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.: Oceans* 97, 2155–2172. doi: 10.1029/91JC00486
24. National Centers for Environmental information [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncei.noaa.gov/>
25. National Centers for Environmental information. Ocean Physics. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncei.noaa.gov/products/ocean-physics>
26. Chart Sources [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://opencpn.org/OpenCPN/info/chartsource.html>
27. Zavala-Hidalgo J., Morey S. L., O’Brien J. J. (2003). Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *J. Geophys. Res.: Oceans* 108, 3389. doi: 10.1029/2003JC001879

28. Zavala-Sansón L. (2019). Nonlinear and time-dependent equivalent-barotropic flows. *J. Fluid Mechanics* 871, 925–951. doi: 10.1017/jfm.2019.354
29. Zavala-Sansón L., Pérez-Brunius P., Sheinbaum J. (2017). Point source dispersion of surface drifters in the southern Gulf of Mexico. *Environ. Res. Lett.* 12, 024006. doi: 10.1088/1748-9326/aa537c.

Vasalatii N.V., Ternovsky V.B.

CALCULATION OF THE CURRENTS SPEED IN CERTAIN AREAS OF THE GULF OF MEXICO AS AN IMPORTANT COMPONENT OF SHIP SAFETY NAVIGATION.

This work is devoted to the study of the circulation of the waters of the Gulf of Mexico, which is characterized by the influence of eddies and currents "Loop Current", which are characteristic of the gulf and significantly affect the maneuvering characteristics of the vessel. Geostrophic currents' speed were calculated and maps of the spatial distribution of currents' speed were constructed. The speed of currents was calculated in some areas of the bay, namely in its central, north-eastern and western parts.

In the absence of actual data on the currents in some areas of the bay, data from the analysis of the ship's demolition and its hydrological and hydrochemical elements were used in the calculations. Maps of the spatial distribution of temperature, salinity, sea water, and the spatial distribution of current velocities on sections in separate areas of the bay were constructed using the OCEAN DATA VIEW software product (Version 4.7.10 - 2017). The calculated speed of geostrophic currents can be used in ship management, as the results of calculations of the current velocity in the density field are similar to the scheme of the currents, which are constructed based on the data of the measured values of their speed and direction.

The current system of the Gulf of Mexico is one of the most complex in the world ocean and includes several separate currents. Each of them has its own characteristic direction and speed of water movement. Thus, current speeds in the center of the eastern part of the bay in the surface layer reach 100 cm/s. The speed of the current heading west through the Campeche bank, forming the northern periphery of the cyclonic gyre in the gulf, reaches 70 cm/s, and in some periods even more. In general, this area of the Gulf of Mexico is characterized by a complex system of currents, which undoubtedly affects the maneuverability and speed of the vessel, and also causes its lateral wear. Therefore, the Campache Bank is characterized by shipwrecks and difficult navigation conditions.

In the work, the influence of currents on the maneuvering characteristics of the vessel is also considered. Areas characterized by a large amount of data on shipwrecks have been identified.

Keywords. *Gulf of Mexico, currents' speed, salinity, temperature, safety navigation, control of vessel maneuverability, meteorological maps.*