

Список використаних джерел:

1. Архів погоди [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://trp5.ua>
2. Катеруша Г. П. Можливі зміни біокліматичних умов зимового періоду в Україні / Г. П. Катеруша, Т. А. Сафранов // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – Одеса, 2018. – Вип. 30. – С. 17-27.
3. Михайленко Н. М. Погодно-кліматичні умови рекреаційної та спортивної діяльності в Українських Карпатах / Н. М. Михайленко, І. О. Щербань // Вісник Львівського університету. Серія географічна. – Львів, 2014. – Вип. 48. – С. 268-274.
4. Полтавська область : Географічний атлас : Моя мала Батьківщина / М-во освіти і науки України, Полтав. держ пед. ун-т імені В. Г. Короленка / [голова ред. кол. Булава Л. М.; відп. ред. Т. В. Погурельська]. – К. : ТОВ «Видавництво «Мапа», 2004. – 20 с.
5. Полтавська область: природа, населення, господарство. Географічний та історико-економічний нарис. Видання 2-е доповнене і перероблене. За редакцією К. О. Маца / Полтава: Полтавський літератор, 1998. – 336 с.
6. Царик П. І. Оцінка ступеня сприятливості рекреаційних ресурсів клімату і погоди Поділля / П. І. Царик // Рекреаційна географія і туризм. – 2015. – № 1 – С. 147-157.
7. Шевченко О. Г. Порівняльний аналіз біокліматичних індексів для оцінки комфортності урбанізованого середовища в теплий період / О. Г. Шевченко // Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія. – 2016. – Т. 3(42) – С. 105-115.

Сриберко А.В.

науковий співробітник,

*ДУ «Відділення гідроакустики Інституту геофізики
імені С.І. Субботіна НАН України»*

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ШВИДКОСТІ ЗВУКУ ЗА СУПУТНИКОВИМИ ДАНИМИ НА ПРИКЛАДІ ЧОРНОГО МОРЯ

Поширення звукових коливань в морській воді є складним явищем, залежним від розподілу температури (T) та солоності (S), зміни тиску (P), глибини моря (z) й характеру ґрунту, стану поверхні моря, замутиності води завислими домішками органічного і неорганічного походження та наявності розчинених газів.

Морська вода є середовищем, акустично неоднорідним. Ця неоднорідність полягає, передусім, в зміні щільності з глибиною, внаслідок чого змінюється з глибиною і швидкість звуку (C), а поширення звукових коливань відбувається не по прямих, а по складніших траєкторіях. Наявність в морській воді бульбашок газу, зважених часток та планктону викликає розсіяння та поглинання звукової енергії при її поширенні [1, с. 180].

Для поширення звуку в океані найбільш важливе значення має не абсолютне значення швидкості звуку, а залежність швидкості звуку від глибини – профіль швидкості звуку $C(z)$ [2, с. 299; 3, с. 11].

При масових розрахунках швидкості звуку доводиться вирішувати проблему вибору розрахункової формули, оскільки нині в цьому питанні не існує

загальноприйнятого стандарту, а розрахунки за різними формулами, яких відомо більше десяти, приводять, строго кажучи, до різних результатів [4, с. 30].

На сьогодні існує велика проблема отримання контактних даних вертикального розподілу термохалінних характеристик Чорного моря. На основі яких проводяться розрахунки значень швидкості звуку. Тому, доводиться прибігати до непрямих визначень вертикального розподілу гідрофізичних характеристик, тобто шляхом розробок різних методик розрахунку вертикального розподілу цих характеристик. Де, за відсутності цих контактних вимірів, використовуються прогностичні або змодельовані значення термохалінних характеристик.

Розрахунок вертикального розподілу швидкості звуку в Чорному морі є актуальною задачею. Рішення цієї задачі, дає оперативну можливість розраховувати вертикальний розподіл швидкості звуку як локально, так і по усій акваторії Чорного моря, для науково-дослідницьких та прикладних цілей в області гідрографії, гідроакустики, океанології, екології моря, судноплавства та ін.

Дослідження просторового розподілу швидкості звуку проводилися в глибоководній частині Чорного моря на стандартних горизонтах (0, 10, 20, 25, 30, 50 метрів) в період весна–осінь.

Розрахунки просторового розподілу швидкості звуку у діяльному шарі Чорного моря супутниковими даними в шарі 0–50 метрів, в період весна–осінь, проводилися в 2 етапи:

1. Розрахунок просторового розподілу температури води за рівняннями експоненціальної або лінійної регресії на основі супутникової інформації.

2. Розрахунок просторового розподілу швидкості звуку у діяльному шарі Чорного моря по розрахованих значеннях температури води на основі супутникової інформації.

Розрахунки вертикального розподілу температури води в Чорному морі засновані на розробленій нами «Методиці розрахунку вертикального розподілу температури води в Чорному морі на основі супутникової інформації» (далі – Методика) в 2015 році [5].

На сьогодні, Методика [5], була значно доповнена новими формулами, критеріями для розрахунків, поправками на температуру води, що суттєво поліпшило точність розрахунків вертикального розподілу температури води. Також, на відміну від Методики 2015 року, де розрахунки проводилися тільки по рівняннях експоненціальної залежності, були задіяні комплексні розрахунки за рівняннями лінійної та експоненціальної регресії.

Розрахунок вертикального розподілу швидкості звуку в Чорному морі проводився за побудованими рівняннями множинної регресії, виду

$$y = ax + bz + d, \quad (1)$$

де a , b , d – коефіцієнти рівняння множинної регресії; y – швидкість звуку (м/с); x – температура води (°C); z – глибина моря (м).

Розробка рівнянь множинної регресії ґрунтувалася на визначенні кореляційних зв'язків між фактичними значеннями контактних вимірювань температури води, глибиною та швидкістю звуку, розрахованою за рівнянням ЮНЕСКО [6, с. 46; 3, с. 11].

Для візуалізації результатів розробленої нами методики розрахунку просторового (тривимірного) розподілу швидкості звуку у діяльному шарі Чорного моря за супутниковими даними температури води наведемо приклад розрахунку просторового розподілу швидкості звуку на стандартних горизонтах та на зональному розрізі (по широті $43,00^\circ$ пн.ш.) для 21.06.2018 р. (рис. 1 та 2).

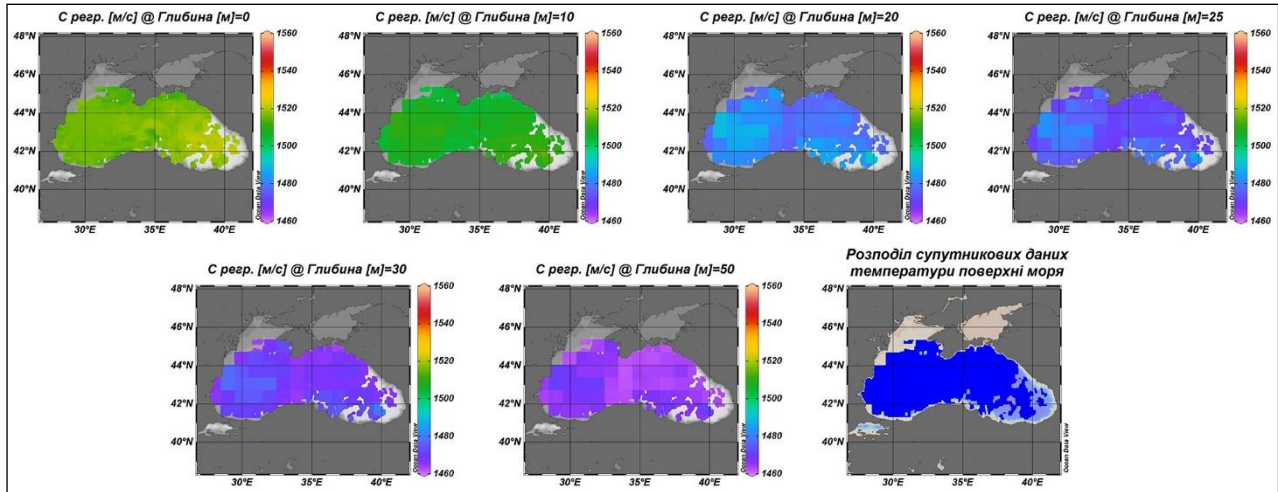


Рис. 1. Карти просторового розподілу розрахованої швидкості звуку ($C_{\text{регр.}}$) на стандартних горизонтах в Чорному морі для 21.06.2018 р.

Джерело: розроблено автором за даними [7]

Рис. 3 та 4 побудовані за допомогою комп'ютерної програми ODV (Ocean Data View), призначеної для інтерактивного дослідження та графічного відображення океанографічних профілів, траєкторій або часових рядів даних [8].

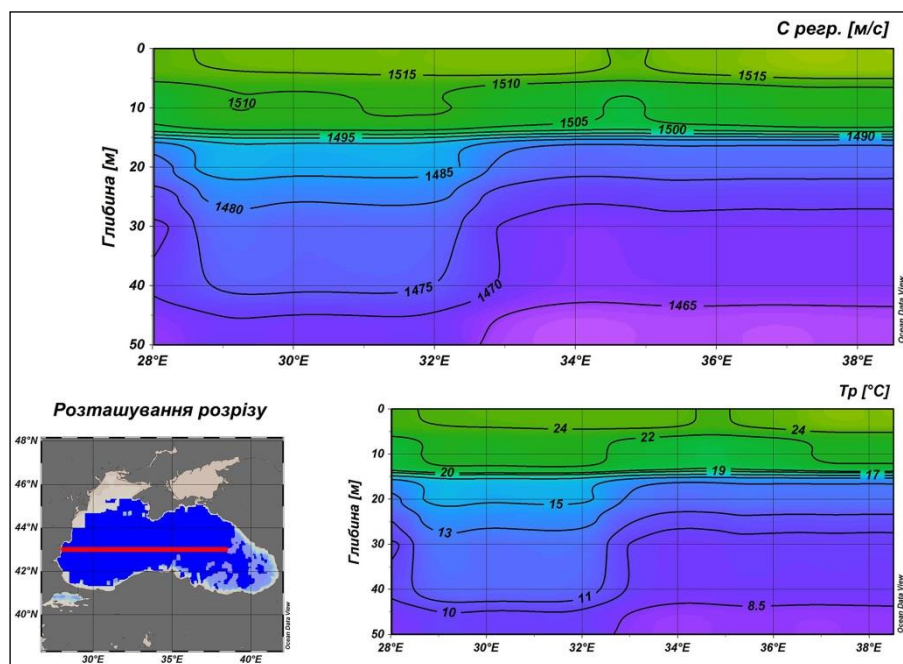


Рис. 2. Розподіл розрахованої швидкості звуку ($C_{\text{регр.}}$) та температури води (T_p) на зональному розрізі в Чорному морі для 21.06.2018 р.

Джерело: розроблено автором за даними [7]

При порівнянні результатів розрахунків температури води на основі супутникової інформації (T_p) та швидкості звуку ($C_{\text{пер.}}$) (рис. 2), видно, що їх ізолінії повністю когерентні.

Наприкінці відзначимо, що на основі розробленої методики можна робити прогноз або моделювати (тривимірний) вертикальний розподіл швидкості звуку на стандартних горизонтах до 50 метрів по усій глибоководній акваторії Чорного моря в період весна–осінь, використовуючи, в якості вихідних даних, прогностичні (змодельовані) значення температури води.

На нашу думку, методику розрахунку просторового розподілу швидкості звуку в Чорному морі можна застосовувати для науково-дослідницьких та прикладних цілей в області гідрографії, гідроакустики, океанології, екології моря, судноплавства та ін.

Список використаних джерел:

1. Егоров Н. И. Физическая океанография / Изд. 2-е дополненное и переработанное // Ленинград: Гидрометеиздат. – 1974. – 456 с.
2. Магницкий, В. А. (Ред.) Общая геофизика: Учеб. пособие / Под ред. В.А. Магницкого. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 317 с.
3. Ярошенко А. А. Вычисление скорости звука в морской воде. От Колладона и Штурма до наших дней // Водный транспорт. – 2012. – №. 3. – С. 8-12.
4. Архипкин В. С., Деев М. Г. Особенности поля скорости звука в Черном море // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2008. – № 6.– С. 30-33.
5. Андрианова О. Р. и др. Оценка возможности расчета вертикального распределения температуры воды в Черном море по спутниковым данным / О. Р. Андрианова, М. И. Скипа, А. В. Сриберко, Ю. В. Степанова // Вісник Одеського національного університету. Серія : Географічні та геологічні науки. – 2015. – Т. 20, Вип. 4. – С. 9-21. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vonu_geo_2015_20_4_3
6. Fofonoff N. P., Millard Jr R. C. Algorithms for the computation of fundamental properties of seawater. UNESCO, 44. – 1983. – 54 pp.
7. NASA's OceanColor Web (National Aeronautics and Space Administration, OceanColor Web). URL: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/> (last accessed: 04.09.2019).
8. Schlitzer R. Ocean Data View. – 2019. – URL: <https://odv.awi.de>