

УДК 556.551

DOI: 10.18524/2303-9914.2020.1(36).205161

**О. Б. Муркалов**, канд. геогр. наук**О. О. Стоян**, канд. геогр. наук, доцент**К. О. Мазуренко**, студентка географічного відділення ГГФ ОНУ

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,

кафедра фізичної географії і природокористування,

вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

physgeo\_onu@ukr.net

## СЕЗОННА МІНЛИВІСТЬ СОЛОНОСТІ ВОД СЕРЕДНЬОЇ ЧАСТИНИ СУХОГО ЛИМАНУ (ЧОРНЕ МОРЕ)

В статті викладено результати польових досліджень сезонних змін солоності прибережних, придонних і водних мас поверхневого шару (0–0,5 м) середньої частини Сухого лиману. Зміни солоності простежені в часі на береговому стаціонарі та по акваторії на трьох гідрологічних розрізах. В вересні-жовтні 2019 р. солоність вивчалась в умовах антропогенного впливу на водообмін середньої частини з нижньою.

**Ключові слова:** водні маси, сезонна мінливість, солоність, Сухий лиман, Чорне море.

### ВСТУП

Дослідження водних мас верхів'їв лиманів має науково-практичне значення для розуміння трансформації водних мас під впливом місцевих умов при їх переміщенні від моря. Верхів'я багатьох лиманів в результаті трансгресії лиманних вод перетворились на самостійні водойми. Вони з'єднані з основною частиною протоками, або відділені малопотужними пересипами. Господарське освоєння цих водойм супроводжується розповсюдженням забруднюючих речовин, впливає на біорізноманіття і біопродуктивність. Солоність води лімітує господарське використання природних ресурсів верхів'їв лиманів [3].

Для середньої частини Сухого лиману дослідження солоності водних мас є важливим з позицій розробки напрямків довгострокового використання водойми в господарських цілях. Будівництво і введення в експлуатацію автомобільного моста, який замінить понтонний міст, робить найбільш перспективними такі напрямки природокористування як риборозведення та рекреація.

Сухий лиман розташований в північно-західній частині Чорного моря на південний захід від м. Одеса. Акваторія лиману розділена на чотири частини: гирлова, нижня, середня, верхів'я [4, 6]. Середня частина лиману відділена від нижньої понтонним мостом, який обмежує інтенсивність водообміну між ними. Гирлова частина через підхідний канал з'єднана з морем (рис. 1).

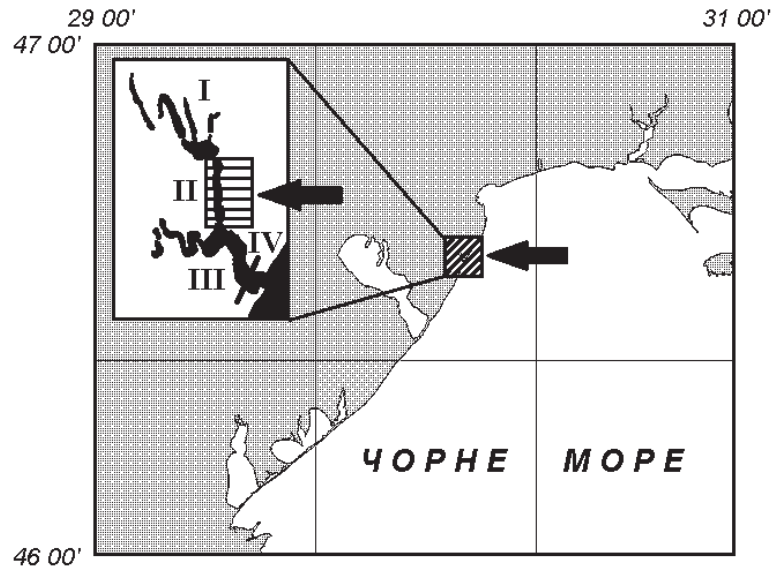


Рис. 1. Місце розташування території досліджень (середня частина Сухого лиману позначена штриховкою): I – верхня частина, II – середня частина, III – нижня частина, IV – гирлова частина

Проведені раніше дослідження дозволили встановити, що гідрологічний і гідрохімічний режим нижньої частини Сухого лиману близькі до режиму суміжної частини моря. Річний хід солоності чітко простежується у берега та в поверхневому шарі і характеризується весняним мінімумом. Солоність води змінюється від 5,28 ‰ до 18,06 ‰ і суттєво відрізняється між поверхневим шаром і глибинними масами [9]. Поверхневі і донні водні маси розрізняються за солоністю, межею їх розділу виступає галоклін. Його поява зумовлена днопоглиблювальними роботами, які призвели до збільшення глибин, внаслідок чого в придонний шар лиману по судноплавному каналу надходять більш солоні води з моря.

Дослідження солоності водних мас Середньої частини Сухого лиману, на відмінність від нижньої, проводиться не систематично. Так за даними А. Ю. Варигина в 2003, 2004, 2005, 2006 роках солоність дорівнювала 12,3 ‰; 11,8 ‰; 12,1 ‰; 10,9 ‰ відповідно [2]. Автором також зазначається, що солоність води в середній частині Сухого лиману змінюється в межах від 12,8 ‰ до 14,3 ‰ [1].

За результатами проведених кафедрою фізичної географії і природокористування досліджень влітку 2016 року солоність поверхневих водних мас характеризувалась квазіоднорідним просторовим розподілом [6]. Мінімальна виміряна солоність дорівнювала 13,6 ‰, максимальна – 15,6 ‰, середня складала

14,4 ‰. Максимальна солоність відмічена в центральній частині, і зменшується на північ та на південь.

Порівнявши опубліковані результати досліджень у різних частинах Сухого лиману можна зробити висновок про те, що солоність середньої частини має меншу амплітуду ніж нижнього басейну і становить 2,0 ‰. За солоністю води Сухого лиману відносяться до солонуватих (1–25‰) [5].

Головна мета статті – визначення сучасних сезонних змін солоності водних мас середньої частини Сухого лиману. Об'єктом дослідження є водні маси середньої частини Сухого лиману. Предметом дослідження – солоність водних мас та її часові зміни в середній частині Сухого лиману.

Для досягнення мети дослідження вирішено наступні завдання:

- систематизація і аналіз опублікованих результатів вивчення солоності вод Сухого лиману;
- закладка берегового стаціонару і організація спостережень за сезонним ходом солоності води;
- відбір і обробка проб води середньої частини Сухого лиману.

#### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження базується на результатах лабораторної обробки проб води, відібраних на береговому стаціонарі з травня 2019 р. по лютий 2020 р. (рис. 2). Проби води відбираються кожен останній день місяця, близько до полудня.

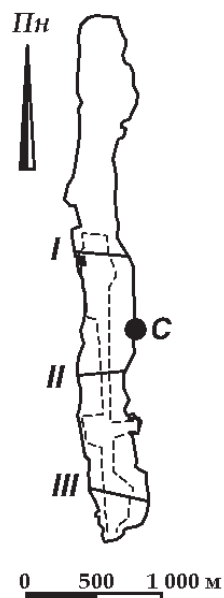


Рис. 2. Карта-схема фактичного матеріалу: I-III – положення розрізів, С – положення стаціонару, штрихова лінія – брівки судноплавного каналу

В червні 2019 р. солоність води досліджувалась на розрізах в північній, центральній і південній частинах досліджуваної водойми. Проби води відбирались на горизонтах 0,1Н від поверхні і дна. Було відібрано 10 проб на пункті спостережень та 12 на розрізах.

Відбір проб виконувався з поставленого на якір човна батометром-пляшкою ГР-16. Об'єм проб дорівнював не менше 1,0 л. Точки відбору фіксувались GPS приймачем Garmin 72Н.

Солоність води визначалась способом ареометрування не пізніше двох діб від часу відбору у відповідності з [8]. Значення солоності розраховувалось за океанографічними таблицями, з контролем результату за допомогою океанологічного калькулятора В. С. Архіпкіна МДУ імені М. В. Ломоносова.

Метеорологічні елементи (температура повітря, швидкість і напрям вітру) отримані у вигляді архіву погоди за період спостережень з сайту [10].

Потрібно зазначити, що в період спостережень був демонтований понтонний міст, внаслідок чого між нижньою та середньою частинами Сухого лиману встановився більш вільний водообмін.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Впродовж періоду досліджень солоність лиманної води в середній частині змінювалась від 10,4 ‰ до 15,3 ‰ (рис. 3). Середнє значення солоності дорівнює 12,7 ‰, амплітуда протягом року спостережень становила 4,9 ‰.

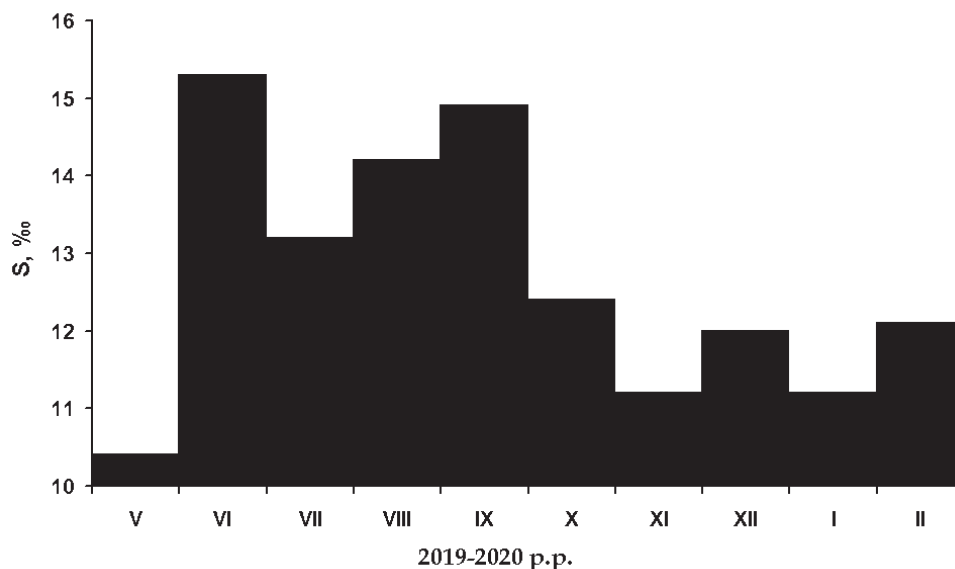


Рис. 3. Гістограма річного ходу солоності води середньої частини Сухого лиману в 2019-2020 рр.

В сезонному ході солоності вод Сухого лиману відмічається її зростання влітку і восени. В цей період максимальні значення солоності зафіксовані в липні і вересні – 15,3 ‰ і 14,9 ‰ відповідно.

Мінімальна солоність, як і для його нижньої частини, зафіксована в зимо-во-весняний період. В цей час вона змінювалась від 10,4 ‰ до 12,1 ‰. Мінімальне значення солоності відмічене в травні 2019 року – 10,4 ‰.

В зимовий період солоність лиманної води змінюється в дуже вузькому інтервалі від 11,2 ‰ до 12,1 ‰.

Навесні, внаслідок притоку талої води з водозбору та скидання розпрісної води з верхів'їв солоність води мінімальна. Влітку солоність зростає внаслідок збільшення випаровування з водної поверхні. Амплітуда її коливань в цей період становить 2,1 ‰. В осінньо-зимовий період (при відсутності льодового покриву), внаслідок випадіння значної кількості опадів, фільтрації ґрунтових вод на акваторію і в басейні лиману, солоність дещо зменшується.

Спостереження, проведені на розрізах, показали, що солоність на поверхні і у дна істотно не розрізняються. В північній і південній частинах (розрізи I, III) солоність води в поверхневому шарі і у дна дорівнювала 10,8 ‰. В центральній частині (розріз II) солоність у дна та в поверхневому шарі дорівнювала 10,2 ‰. По акваторії середньої частини, як в поверхневому так і в придонному шарі, солоність залишається сталою. Це явище було зафіксоване і в попередньому дослідженні [6].

Під впливом високих температур повітря і відсутності вітро-хвильового перемішування вода рівномірно прогрілась до дна. Термоклін, навіть в умовах складного рельєфу дна, не сформувався. Температура поверхневого шару води в період спостережень змінювалась від +25,0 °C до +27,0 °C. Температура води в придонному шарі змінювалась в меншому діапазоні від +25,0 °C до +26,0 °C [7]. Це пояснює відсутність чітко вираженої різниці в солоності поверхневого і придонного шару води.

Співставлення середньомісячної температури води та солоності вказує на наявність між ними зв'язку (рис. 4). Підвищення температури повітря супроводжується синхронним зростанням солоності. Зниження температури повітря супроводжується незначним зниженням солоності і коливанням її в дуже вузькому діапазоні.

Обчислений лінійний коефіцієнт парної кореляції середньомісячної температури повітря (Т) і солоності (S)  $r_{ST}$  дорівнює 0,7. Похибка коефіцієнта кореляції дорівнює  $\pm 0,2$ . Зв'язок достовірний при зазначеній довжині ряду спостережень для 5% і 1% рівня значущості.

Гідрологічний режим акваторії середньої частини Сухого лиману значною мірою визначається його морфометричними характеристиками, вітровим режимом і водообміном з суміжними частинами.

В період спостережень з вересня по жовтень був демонтований, а потім знову введений в експлуатацію понтонний міст. Між нижньою та середньою

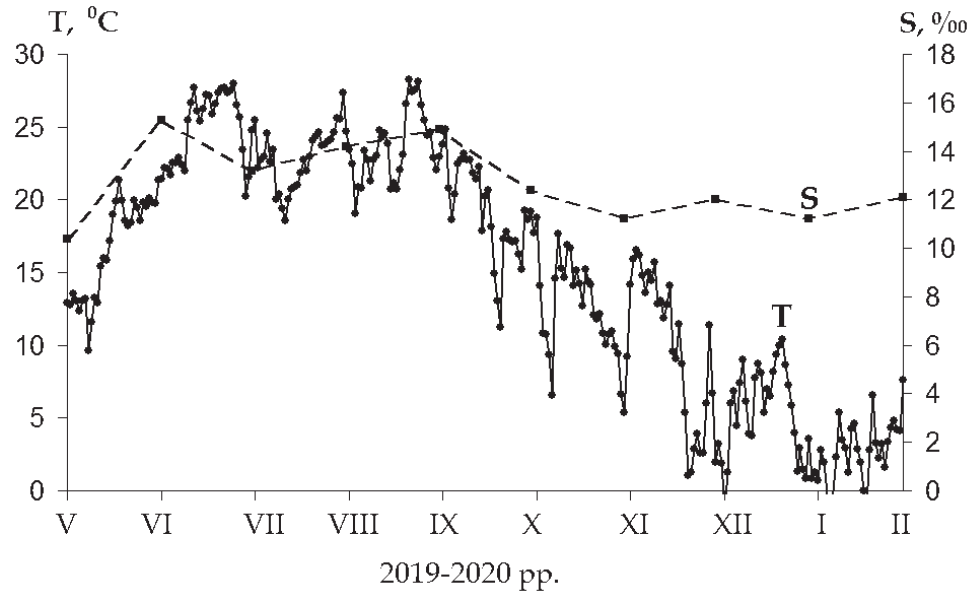


Рис. 4. Хід температури повітря ( $T$ ) і солоності води ( $S$ ) в період спостережень

частинами Сухого лиману встановився обмежений, але більш вільний водообмін. У вересні відмічено зростання солоності і різке її зменшення в жовтні від 14,9 ‰ до 12,4 ‰. В порівнянні з серпнем солоність зростає лише на 0,7 ‰. В цей період вітрів, спрямованих вдовж вісі середньої частини, які сприяли б активному водообміну між нижньою і середньою частинами Сухого лиману, не спостерігалось [10].

### ВИСНОВКИ

Проведене дослідження сезонної мінливості солоності води середньої частини Сухого лиману дозволило отримати первинні уявлення про зазначений географічний процес. Можна виділити наступні закономірності, які його характеризують:

1. Впродовж року солоність води середньої частини Сухого лиману змінюється від 10,4 ‰ до 15,3 ‰: максимальні значення відмічаються влітку і восени, весною солоність мінімальна;

2. Розподіл солоності води середньої частини Сухого лиману квазіоднорідний, він характеризується максимальними значеннями в центральній частині водойми і її зменшенням в напрямку до верхів'їв та нижньої частини;

3. Встановлений зв'язок між середньомісячною температурою повітря ( $T$ ) і солоністю ( $S$ ). Лінійний коефіцієнт парної кореляції ознак  $r_{ST}$  дорівнює 0,7.

Подібність ходу солоності води середньої частини Сухого лиману з нижньою потребує їх подальшого синхронного дослідження. Це дозволить визна-

чити вплив водних мас нижньої частини та інтенсивність водообміну з середньою.

Спостереження за солоністю і особливостями гідрологічного режиму акваторії середньої частини мають практичне і наукове значення. Практичний аспект полягає в обґрунтуванні напрямків природокористування на акваторії і берегах середньої частини Сухого лиману, обумовлених будівництвом автомобільного моста.

Науковий напрямок перспективний з позицій дослідження закономірностей трансформації водних мас при їх переміщенні від моря, до окремих частин лиманів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Варигин А. Ю.* Возрастная структура поселений *Abra ovata* (Philippi, 1863) (Bivalvia: Scrobiculariidae) в Сухом лимане. [Текст] / *А. Ю. Варигин.* // Науковий вісник Ужгородського університету. – Серія Біологія. – Випуск 31. – 2011. – С. 78–81.
2. *Варигин А. Ю.* Межгодовая изменчивость макрозообентоса Сухого лимана. [Текст] / *А. Ю. Варигин, А. А. Рыбалко.* // Вісник ОНУ. – Сер.: Біологія. – Т. 19. – Вип. 2(35). – 2014. – С. 53–60.
3. *Виноградов А. К.* Экосистемы акваторий морских портов Черноморско- Азовского бассейна: (Введение в экологию морских портов). [Монография] / *А. К. Виноградов, Ю. И. Богатова, И. А. Синегуб.* – Одесса: Астропринт, 2012. – 528 с.
4. *Гыжко Л. В.* Антропогенная трансформация береговой зоны Северного Причерноморья (на примере Сухого лимана). [Текст] / *Л. В. Гыжко.* // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. – Выпуск 28. – №17 (188). – 2014. – С. 165–170.
5. *Михайлов В. Н.* Гидрология: учебник для вузов. [Текст] / *В. Н. Михайлов, С. А. Добролюбов.* – М. – Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 752 с.
6. *Муркалов А. Б.* Пространственное распределение гидрологических элементов в средней части сухого лимана в летний период. [Текст] / *А. Б. Муркалов, А. А. Стоян, Е. В. Скаленчук.* // Вісник ОНУ. - Сер.: Географічні та геологічні науки. – Т. 23. – Вип. 1. – 2018. – С. 33–42.
7. *Муркалов О. Б.* Вплив на температуру води середньої частини Сухого лиману короткочасних змін метеорологічних елементів. [Текст] / *О. Б. Муркалов, О. О. Стоян.* // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Річки та лимани Причорномор'я на початку XXI сторччя»; ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2019. – С. 115–117.
8. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. выпуск 9. гидрометеорологические наблюдения на морских станциях и постах. часть I. Гидрологические наблюдения на береговых станциях и постах. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 313 с.
9. *Павлютина Л. П.* Характеристика экологического состояния Сухого лимана. [Текст] / *Л. П. Павлютина, Н. Ф. Подплетная, П. Т. Савин и др.* // Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу: Зб. наук. пр. – Севастополь, 2005. – Вип. 12. – С. 120–128.
10. Расписание Погоды [rp5.ua](https://rp5.ua) [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://rp5.ua> (дата звернення 20.03.2020) – Назва з екрана.

### REFERENCES

1. Varigin, A. Yu. (2011), *Vozrastnaya struktura poseleniy Abra ovata* (Philippi, 1863) (Bivalvia: Scrobiculariidae) v Sukhom limane [Age-related structure of settlements of *Abra ovata* (Bivalvia: Scrobiculariidae) of the Sukhoy Liman], *Sci. Bull. Uzhhorod Univ. (Ser. Biol.)*, 2011, Vol. 31, pp. 78–81.

2. Varigin, A. Yu., Rybalko, A. A. (2014), Mezhsodovaya izmenchivost makrozoobentosa Sukhogo limana [Intergranular variability of macrozoobenthos of the Sukhoy Liman], Odesa National University Herald, Series Biology, vol. 19, issue 2(35), pp. 53–60.
3. Vinogradov, A. K., Bogatova, Yu. I., Sinegub, I. A. (2012), Ekosistemy akvatoriy morskikh portov Chernomorsko-Azovskogo basseyna: (Vvedenie v ekologiyu morskikh portov) [Ecosystems water areas sea ports Black Sea Azov pool: (Introduction in ecology sea ports)], Odessa: Astroprint, 528 p.
4. Gyzhko, L. V. (2014), Antropogennaya transformatsiya beregovoy zony Severnogo Prichernomor'ya (na primere Sukhogo limana) [Anthropogenic transformation of the coastal zone of the Northern Black Sea Coast (on the example of Sukhoy Liman)], Scientific reports of Belgorod State University, Natural sciences, vol 28, No17 (188), pp. 165–170.
5. Mikhaylov, V. N., Dobrolyubov, S. A. (2017), Gidrologiya: uchebnik dlya vuzov [Hydrology: textbook for the institutes of higher], Moscow – Berlin: Direkt-Media, 752 p.
6. Murkalov, A. B., Stoyan, A. A., Skalenchuk, E. V. (2018), Prostranstvennoe raspredelenie gidrologicheskikh elementov v sredney chasti Sukhogo limana v letniy period [Spatial distribution of hydrological elements characteristic in the middle part of Sukhoy liman in the summer time], Visnik Odeskogo natsionalnogo universitetu, Geografichni ta geologichni nauki, vol. 23, No. 1(32), pp. 33–42.
7. Murkalov O. B., Stoyan, O. O. (2019), Vplyv na temperaturu vody seredn'oyi chasty ny` Suxogo ly`manu korotkochasny`x zmin meteorologichny`x elementiv [Influence is on the temperature of water of middle part of the Sukhoy liman brief changes of meteorological elements], Materialy` Vseukrayins`koyi naukovo-prakty`chnoyi konferenczvyi «Richky` ta ly`many` Pry` chornomor'ya na pochatku XXI storgchchya»; ODEKU, Odessa: TES, pp. 115–117.
8. Nastavlenie gidrometeorologicheskim stantsiyam i postam. vypusk 9. gidrometeorologicheskie nablyudeniya na morskikh stantsiyakh i postakh. chast I. Gidrologicheskie nablyudeniya na beregovykh stantsiyakh i postakh [Instructions to the hydrometeorological stations and fasts. producing 9. hydrometeorological supervisions on the marine stations and fasts. part of I. Hydrological supervisions on the coastal stations and fasts], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984, 313 p.
9. Pavlyutina, L. P., Podpletnaya, N. F., Cavin, P. T. et al. (2005), Kharaktristika ekologicheskogo sostoyaniya Sukhogo limana [Characteristics of the ecological state of the Sukhoy Liman], Ecological security of coastal and offshore zones and integrated use of shelf resources: Collection of scientific works, Sevastopol, vol. 12, pp. 120–128.
10. Raspisanie Pogody rp5.ua [Curriculum of Weather of rp5.ua]. Available at: <https://rp5.ua>.

Надійшла 13.05.2020



**А. Б. Муркалов**, канд. геогр. наук

**А. А. Стоян**, канд. геогр. наук, доцент

**Е. О. Мазуренко**, студентка

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
кафедра физической географии и природопользования,  
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина  
physgeo\_onu@ukr.net

## **СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОЛЕННОСТИ ВОД СРЕДНЕЙ ЧАСТИ СУХОГО ЛИМАНА (ЧЕРНОЕ МОРЕ)**

### **Резюме**

В статье изложены результаты полевых исследований сезонных изменений солености прибрежных, придонных и водных масс поверхностного слоя (0-0,5 м) средней части Сухого лимана. Изменения солености изучены во времени на береговом стационаре и по акватории на трех гидрологических разрезах. Изменения солености водных масс сопоставлены с ходом метеорологических элементов, в частности, с среднемесячной температурой воздуха. В сентябре-октябре в 2019 г. соленость изучалась в условиях антропогенного влияния на водообмен средней части с нижней. Полученные результаты могут быть использованы при разработке схем освоения природных ресурсов средней части Сухого лимана.

**Ключевые слова:** водные массы, сезонная изменчивость, соленость, Сухой лиман, Черное море.

**O. B. Murkalov**

**O. O. Stoyan**

**K. O. Mazurenko**

Odessa I. I. Mechnikov National University.  
Department of Physical Geography and Nature Management.  
Dvorianskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine.  
physgeo\_onu@ukr.net

## **SEASONAL WATER SALINITY VARIABILITY OF THE MIDDLE PART OF THE SUKHOI LIMAN (BLACK SEA)**

### **Abstract**

**Problem Statement and Purpose.** The middle part of Sukhoi liman is connected to its lower part (including port area) by a narrow strait. Water exchange between the parts is limited by a pontoon ferry. The salinity of water masses determines by many economic and biological processes in the liman and their parts as well. The salinity of the Sukhoi liman water masses has been mostly studied in the lower part. The middle part was studied only in summer. Seasonal variability in the salinity of the middle

part is unexplored. Annual salinity rates there changed depending on a water area from 12.8 ‰ to 15.6‰. As for mineralization the studied water masses are brackish (1–25‰). The main goal of the article is to determine current seasonal changes in the salinity of the Sukhoi liman middle part.

**Data & Methods.** This study is based on results of the laboratory treatment of water samples collected during shore-based stationary exploration from May 2019 to January 2020. Water samples were taken every last day of the month, close to noon when the temperature of water and its level stabilized. In June 2019, the salinity of the water was examined at sections in the northern, central and southern parts of the water body under investigation. Water samples were taken at 0.1H horizons from the surface and near the bottom. 10 samples were taken at the observation point and 12 at the sections. Water salinity was determined by the areometric method, not later than in two days after sampling. Data about meteorological conditions during the observation period (air temperature, wind speed and direction) are obtained from [www.rp5ua](http://www.rp5ua).

**Results.** Seasonal variability in the salinity of water masses has a number of distinctive features. The spatial distribution of the salinity of the middle part of the Sukhoi liman is homogeneous, with maximal values in the central part of the water body and decreasing towards the upper and lower parts. The salinity varies from 10.4‰ up to 15.3‰ per year: maximum values are observed in summer and autumn, the salinity is minimal in spring and the salinity is average moderate in winter. The salinity of water masses is influenced by meteorological conditions, mainly air temperature and wind. Further observations of the salinity and features of the hydrological regime of the mid-water area have practical and scientific significance for the development of the Sukhoi liman use, and for evaluating how the construction of a road bridge influences to the natural resource. It is also scientifically valuable to study the patterns of transformation of water masses when they move from the sea to different parts of the liman.

**Keywords:** water masses, seasonal variability, salinity, Sukhoi liman, Black Sea.