

Перспективи використання біохімічних показників у системі екологічного моніторингу поверхневих вод

Васенко О. Г., Верниченко-Цветков Д. Ю.

У статті розглядаються питання використання біохімічних показників водного середовища та донних відкладів поверхневих вод у системі екологічного моніторингу. Показано перспективність застосування біохімічних характеристик у цілях діагностики екологічного стану водних екосистем і вирішення різноманітних гідроекологічних та водогосподарських проблем. Сформульовано напрямки подальших досліджень у зазначеній галузі.

Ключові слова: моніторинг, біохімічні показники, водне середовище, донні відклади

Перспективы использования биохимических показателей в системе экологического мониторинга поверхностных вод

Васенко А. Г., Верниченко-Цветков Д. Ю.

В статье рассматриваются вопросы использования биохимических показателей для диагностики stanu водной среды и донных отложений поверхностных вод в системе экологического мониторинга. Показана перспективность применения биохимических характеристик в целях диагностики экологического состояния водных экосистем и решения различных гидроэкологических и водохозяйственных проблем. Сформулированы направления дальнейших исследований в указанной области.

Ключевые слова: мониторинг, биохимические показатели, водная среда, донные отложения

Perspectives of use of the biochemical indicators in the system of ecological monitoring of surface waters

Vasenko A., Vernizenko-Tsvetkov D.

The questions, concerning the application of water medium and sediments biochemical indicators in the system of ecological monitoring, is described in this article. Perspective of use of the biochemical characteristics for the diagnostic of the ecological state of the water ecosystems, and for the solving of different ecological and manager problems is shown. Directions for further research in this area were formulated.

Keywords: monitoring, biochemical indicators, the aqueous medium, sediments

Надійшла до редколегії 12.02.2015

УДК 574.5 (282.247.32)

Коржов Є.І., Гільман В.Л.

Херсонська гідробіологічна станція НАН України

ЕКОЛОГО-ГІДРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КАРДАШИНСЬКОГО ЛИМАНУ

Ключові слова: гідрологічний режим, Кардашинський лиман, еколого-гідрологічна характеристика

Вступ. Кардашинський лиман – водойма, що розташована на лівобережній заплаві дельти Дніпра (рис. 1). Вона є однією з найбільших водойм пониззя Дніпра і за площею поступається тільки лиману Збур'ївський Кут.

Останні систематичні дослідження гідрологічного режиму Кардашинського лиману проводилися в кінці 80-х років минулого сторіччя. За цей час, під впливом змін гідрологічного режиму, в ньому активізувалися процеси заростання, замулення, послабився водообмін з руслової мережею, що в комплексі вплинуло на стан екосистеми та якість води [1,2,8].

Метою роботи є дослідження сучасного гідрологічного режиму Кардашинського лиману. Отримані результати можуть бути використані для оцінки подальших змін, що продовжують відбуватись в екосистемі водойми під дією абіотичних факторів.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.2(37)



Рис. 1. Схема розташування Кардашинського лиману

Матеріали та методи досліджень. Матеріалом для статті слугували посезонні натурні дослідження гідрологічного режиму Кардашинського лиману, що проводились в 2003-2014 рр. При оцінці течій використовувалась математична модель циркуляції вод – метод повних потоків [9], верифікована та апробована на мілководних водоймах пониззя Дніпра [3].

Результати досліджень та їх обговорення. Кардашинський лиман має витягнуту форму з північного сходу на південний захід. Довжина водойми сягає 4,4 км, ширина – 1,2 км. Площа водної поверхні дорівнює $5,3 \text{ км}^2$, об'єм – $7,88 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, середня глибина – 1,5 м.

За матеріалами гідрографічної зйомки побудовано карту розподілу глибин (рис. 2) та криві площ і об'ємів (рис. 3). Максимальні глибини (більше 2 м) відмічаються у північно-східній частині лиману. Південно-західна частина водойми мілководна, з домінуючими глибинами 1,2–1,3 м. Мілководдя з глибинами до 1 м займають площу $0,64 \text{ км}^2$, що складає 12,2 % від загальної площі. На площу з глибинами більше 1,8 м припадає $3,11 \text{ км}^2$ або 59,2% від загальної площі.

Як видно (див.рис. 2), водойма за особливістю будови ложа поділяється на дві частини – верхню (північно-східну) та нижню (південно-західну), між якими розташована зона перекату. Умови формування гідрологічного режиму цих частин різні, що в свою чергу формує відмінності у розподілі характеристик гідрологічного, гідрохімічного та гідробіологічного режимів.

Кардашинський лиман системою проток та ериків (ер.) генетично пов'язаний з русловою мережею Дніпра. Дві протилежно розташовані протоки: ер. Чайка та р. Чайка, відіграють основну роль у водному балансі водойми. Три ерики, що сполучаються з Конкою, на даний час не мають значного впливу на балансові характеристики лиману.

Береги водойми порослі смугою очерету, ширина якої сягає 30–50 м.

Водойма зв'язана з руслом р. Конки чотирма ериками, що на виході з лиману формують р. Чайку. Окрім того, по Солонецькій канаві періодично до Кардашинського лиману надходять стічні води з риборозплідних ставків.

Зовнішній водообмін Кардашинського лиману пов'язаний з коливаннями рівня у русловій системі Дніпра, що утворюються за рахунок нерівномірної роботи Каховської ГЕС та впливу коливань рівня води в Дніпровсько-Бузькому лимані.

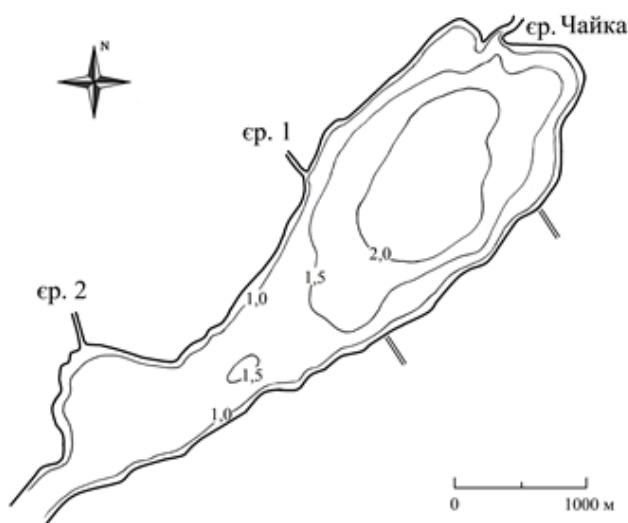


Рис. 2. Схема Кардашинського лиману в ізобатах (м)

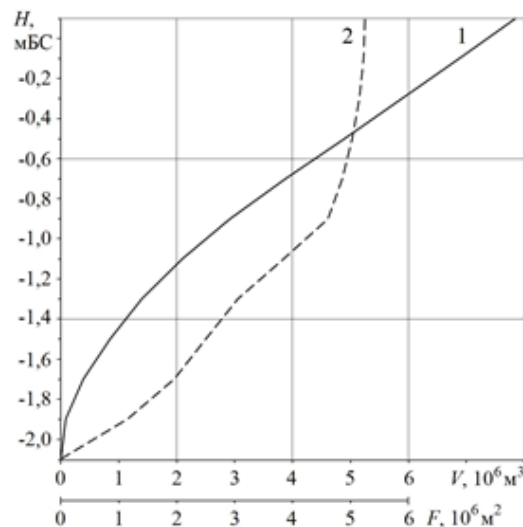


Рис. 3. Криві об'ємів (1) та площ (2) Кардашинського лиману

Надходження води до лиману відбувається за наступною схемою. Заповнення водойми спочатку відбувається в основному через ер. Чайка та частково через інші ерики. У відсотковому відношенні через ерики до лиману за добу надходить біля 60% води. Не дивлячись на те, що за розмірами р. Чайка є досить великою протокою, через неї до лиману значна кількість води надходить лише при нагінних явищах. При цьому вода, що надійшла з Чайки, накопичується переважно у нижній частині лиману.

При спаді рівня основний відтік водної маси відбувається через р. Чайка та частково через ерики 1 і 2.

За даними спостережень в 2003–2013 рр., добова амплітуда рівня води в Дніпрі в районі Херсона в середньому становить: навесні – 8–9 см; влітку – 12–23 см; восени – 11–20 см за добу. Такі коливання рівня води зумовлюють повну зміну вод в лимані в середньому за 16 діб. Влітку період зовнішнього водообміну складає 13–15 діб, у весняний період збільшується до 18–22 діб. Порівнюючи отримані значення періоду зовнішнього водообміну з попередніми роками можна відмітити значне послаблення водообмінних процесів у лимані. Наприкінці 80-х років минулого століття середній період зовнішнього водообміну не перевищував 8 діб [7], що складає вдвічі меншу величину, ніж в нинішній час. Основною причиною погіршення водообміну лиману ми вважаємо заростання проток, які зв'язують водойму з руслом Дніпра, та зміну режиму роботи Каховської ГЕС [8].

За інтенсивністю зовнішнього водообміну Кардашинський лиман в сучасний період належить до водойм зі сповільненим зовнішнім водообміном. Період зовнішнього водообміну водойм цієї групи складає 15 діб та більше.

Внутрішньоводоймова динаміка. При оцінці течій у Кардашинському лимані використана двомірна в горизонтальній площині математична модель циркуляції вод – метод повних потоків [9], адаптована для малих глибин. Застосування моделі дає можливість оцінювати загальний вид циркуляції вод у мілководних водоймах пониззя Дніпра при різних гідрометеорологічних умовах, показники рухомості водних мас та динамічну складову процесу їх самоочищення [4]. При

верифікації моделі визначено, що середні значення відносних похибок за напрямом та швидкістю течій для Кардашинського лиману складають відповідно 13 та 14%. Такі невеликі відносні похибки свідчать про те, що обрана модель може бути прийнятною для оцінки режиму течій у досліджуваній водоймі. На рисунках 4 і 5 наведені схеми циркуляції вод в Кардашинському лимані при штильових умовах та при вітрах різних напрямків.



Рис. 4. Схема циркуляції вод у Кардашинському лимані при відсутності вітру

Схеми вказують на те, що при штильових погодних умовах вода, яка поступає в лиман з ер. Чайка і двох бічних ериків, протікає, в основному, по центральній частині водойми. Розрахована швидкість стічних течій в середньому складає 0,4 см/с. Це добре узгоджується з даними натурних досліджень, проведених у 2013–2014 рр., згідно з якими вона варіює в межах від 0,30 до 0,55 см/с. Спостереження за режимом течій в районі ер. Чайка показують, що середня швидкість течій в ньому коливається в межах 11–26 см/с. При впадінні ерика до Кардашинського лиману швидкість різко зменшується і на відстані 150–200 м від гирла складає 0,50–0,80 см/с, середня швидкість течій в ньому коливається в межах 11–26 см/с.

За наявності вітру структура течій в лимані ускладнюється. По акваторії формуються замкнуті циркуляції, конфігурація та інтенсивність яких залежать від напрямку і швидкості вітру.

За характером циркуляцій водних мас можна виділити дві принципово різні частини лиману – верхню та нижню. У верхній частині лиману формуються два основних вихори – циклональний та антициклональний. Між ними пролягає основний потік, що зазвичай має протилежний вітру напрямком. Нижня частина лиману мілка, тому водні маси тут рухаються переважно за напрямком вітру, лише біля лівого берега спостерігаються слабкі компенсаційні течії.

При вітрі 5 м/с швидкість течії в лимані збільшується на порядок у порівнянні зі штильовими умовами. При меридіональних вітрах вона складає 4,1–5,2 см/с, при широтних – 3,8–5,0 см/с. Максимальні значення швидкостей течії спостерігаються в прибережній зоні та у нижній більш мілкій частині лиману.

Характерним є те, що конфігурація ліній циркуляцій вод під дією вітру північних та південних напрямків є схожою та різниться лише напрямком течії у вихрових утвореннях. Те ж саме спостерігається і при широтних вітрах. При збільшенні швидкості вітру конфігурація та розташування основних вихрових утворень не змінюється, але збільшується їх інтенсивність. Якщо при вітрі 5 м/с витрата циркуляційного потоку складає 10–12 м³/с, то при посиленні вітру до 10 м/с вона збільшується до 20–25 м³/с. При вітрі 15 м/с загальна витрата сягає 35–40 м³/с.

Схеми розташування основних циркуляційних вихорів води добре узгоджуються з розподілом біомаси фітопланктону в лимані. Відомо, що при антициклональних вихрових утвореннях у великих за площею водних об'єктах формуються більш високі показники чисельності та біомаси планктонних угруповань [3, 5, 6].

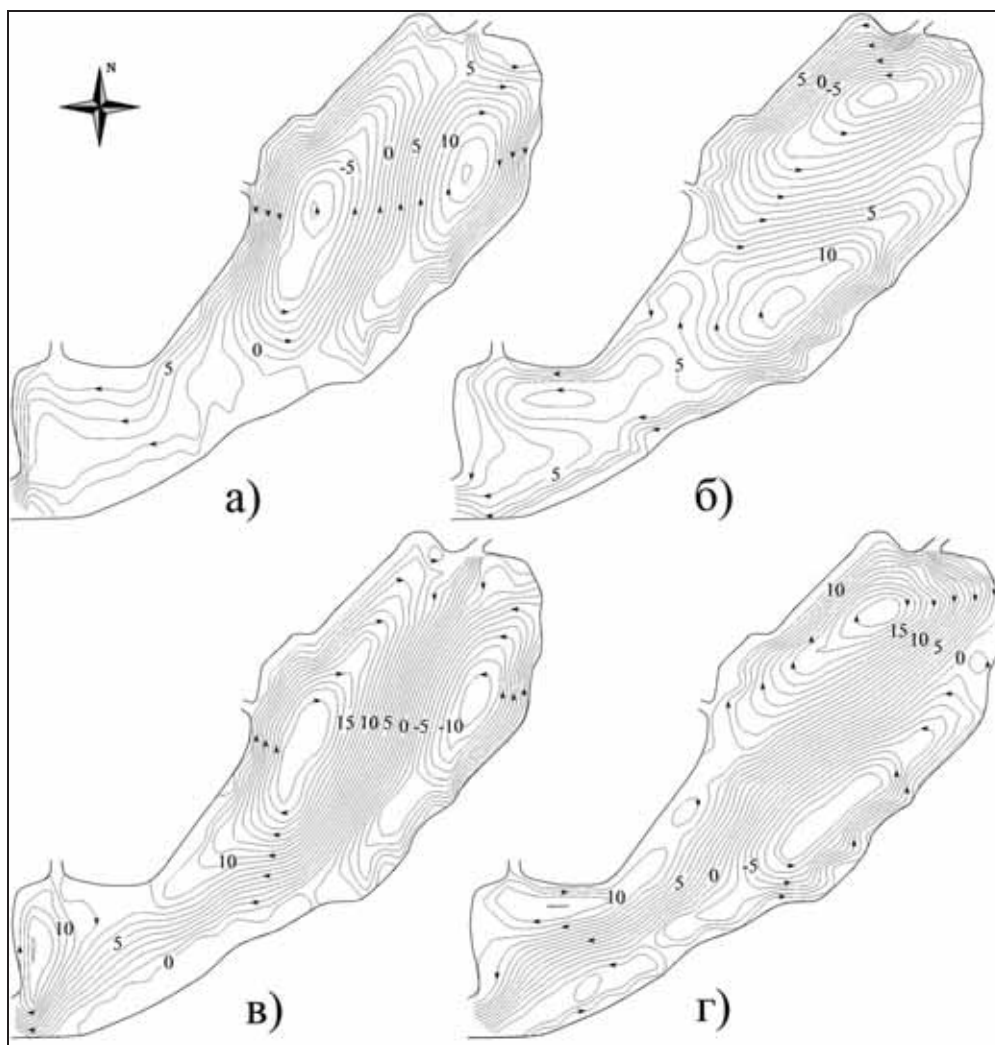


Рис. 5. Схема циркуляції вод у Кардашинському лимані при вітрі 5 м/с північного (а), східного (б), південного (в) та західного (г) напрямків. Цифри на лініях – функції токів (м³/с)

Одним із аспектів застосування методу математичного моделювання течій є оцінка впливу динаміки вод на процеси самоочищення водних об'єктів. Відомо, що для визначення динамічної складової самоочищення використовують відносну величину $K_d/K_{ст}$, що безпосередньо залежить від швидкості течії [4]. У цій величині $K_{ст}$ – коефіцієнт біохімічного окиснення речовини в нерухомому водному середовищі; K_d – динамічна складова узагальненого коефіцієнта самоочищення.

Так, в Кардашинському лимані при середній швидкості вітру динамічна складова самоочищення ($K_d/K_{ст}$) складає 9,2 – 9,9. При цьому, у нижній частині лиману вона дещо більша (табл. 1).

Таблиця 1. Динамічна складова самоочисного потенціалу Кардашинського лиману при вітрі швидкістю 5 м/с

Напрямок вітру	Середня швидкість течії, м/с		Значення $K_d/K_{ст}$	
	нижня частина	верхня частина	нижня частина	верхня частина
Північний	0,046	0,044	9,8	9,5
Східний	0,047	0,042	9,9	9,2
Південний	0,046	0,044	9,8	9,5
Західний	0,047	0,042	9,9	9,2

У верхній частині лиману процеси самоочищення протікають дещо слабкіше, ніж у нижній, оскільки вона більш глибока та водні маси тут менш рухливі.

Гідрофізичні властивості водних мас. До основних екологічно значущих гідрофізичних характеристик водних мас природних водних об'єктів відносяться температура, кількість і склад завислих речовин та оптичні властивості водного середовища.

Термічний режим Кардашинського лиману, як і більшості водойм гирлової ділянки Дніпра, залежить від кліматичних факторів та зовнішнього водообміну з русловою мережею. Середньомісячні значення температури води за 2003–2012 рр. характеризувалися коливаннями, пов'язаними зі зміною синоптичної ситуації над південним регіоном країни. Відхилення температур від середніх значень складали у різні місяці теплого періоду від 0,6 до 4,5°. Характерною рисою є те, що амплітуда коливання температури водної маси зменшується від квітня до серпня, та підвищується з настанням періоду охолодження водних мас.

Найбільша інтенсивність підвищення та спаду температури води відмічається навесні та восени. Так, у квітні-травні інтенсивність наростання температури складає в середньому 8,4°C за місяць. У вересні-жовтні інтенсивність охолодження складає 6,2°C/міс. Весняне підвищення, як і осіннє охолодження водних мас у річковій системі та водоймах відбувається неоднаково. Навесні вода в Кардашинському лимані прогрівається інтенсивніше – на 3–5°C. Восени водойма охолоджується швидше, ніж руслова частина Дніпра. Максимальні значення температури води відмічаються в липні – серпні і складають 26,0–28,3°C, а на мілинах можуть сягати значень 29,0–31,0°C.

Не менш важливим фактором, що впливає на термічний режим водойми, є водообмін з русловою мережею. Його інтенсивність впливає на перерозподіл значень температур по акваторії лиману (рис. 6).

В зоні надходження річкових вод відмічається зміна температури. Найбільший градієнт температур спостерігається в 50-ти метровій зоні від місця впадіння проток до лиману та складає в середньому 0,05°/м. У водоймі горизонтальний градієнт температур знижується до 0,01–0,02°/м.

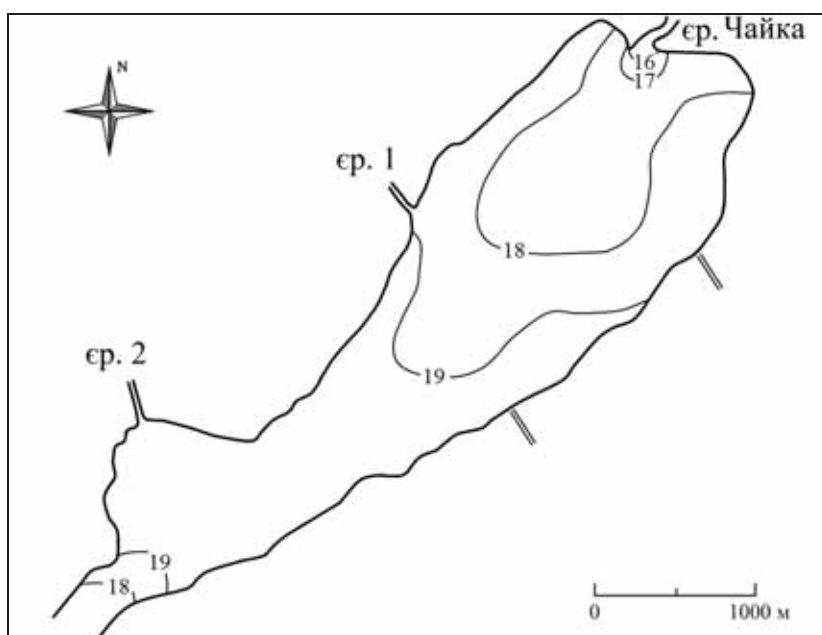


Рис. 6. Схема розподілу температури води у Кардашинському лимані в червні 2012 р.

Прозорість води в Кардашинському лимані значною мірою залежить від зовнішнього водообміну, кількості органічної частки в складі зависі у фотичному шарі, динамічної активності водних мас (швидкості течій, вітрового хвилювання, тощо).

Розподіл значень прозорості як у багаторічному, так і у внутрішньорічному ході має значну мінливість параметрів. Найбільші значення прозорості відмічаються у холодний період року (0,9–2,2 м). В літні місяці прозорість зменшується до 0,2–0,7 м при середньому значенні 0,4 м. Восени вона дещо більша і складає 0,7–1,3 м. Середня прозорість за літньо-осінній період складає 0,6 м. На величину прозорості значно впливає вітрова діяльність. Хвилі найбільше впливають на донні відклади прибережної смуги, де глибини не перевищують 1 м. Різниця у величині прозорості між північною та південною прибережними смугами в окремих випадках може сягати 0,4 м.

Каламутність води Кардашинського лиману залежить переважно від гідродинамічних умов та інтенсивності розвитку фітопланктону. Залежність між прозорістю та кількістю завислої речовини не є достатньо чіткою. При прозорості води 0,5 м амплітуда коливання кількості завислих речовин змінюється від 14 до 78 г/м³. Такий широкий діапазон значень в першу чергу залежить від погодних умов і, значною мірою, від складу речовин, що їх формують. За матеріалами спостережень виявлено, що органічна частка завислих у воді речовин складає 30–50%, місцями сягаючи 65%.

За даними 2003–2012 рр. виявлено, що впродовж року каламутність води у Кардашинському лимані збільшувалась з квітня (2,9 г/м³) по серпень (18,2 г/м³) з подальшим зниженням до 4,0 г/м³ в жовтні. Її середнє значення за розглянутий період складало 9,9 г/м³.

Донні відклади водойми. У розподілі ґрунтів лиману відзначається зональність за глибиною. Зі збільшенням глибини у складі донних відкладів починають переважати мулисті фракції.

На відстані 70–100 метрів від берега знаходиться зона пісків. В місцях входу проток та єриків до лиману формуються невеликі бари, що складаються з битого черепашнику та крупних піщаних фракцій.

Ґрунти верхньої частини лиману представлені переважно піщаними мулами та мулами. Зона мулів знаходиться на ділянці глибше 1,6–1,8 м, і розташовується ближче до лівого берега лиману. Найбільша потужність мулистих відкладів відмічається у центрі верхньої частини лиману та складає 60 см.

У нижній частині лиману переважає замулений пісок та пісок. Лише біля єрика 2 відмічається невелика за площею зона піщаних мулів. Подібний розподіл донних відкладів також пов'язаний з проточністю окремих ділянок лиману. Якщо у верхній частині середні швидкості течій складають 0,3–0,5 см/с, то в нижній їх значення сягають 0,7–0,9 см/с.

Особливістю донних відкладів Кардашинського лиману є зона перекату між нижньою та верхньою частинами акваторії. Вона представлена мілкою перехідною зоною, що розташована західніше центральної ділянки лиману. Середня глибина тут 1,2 м, максимальна – 1,4 м. Довжина перекату 800 м. Донні відклади представлені замуленими пісками, на яких суцільним шаром розташовуються крупний битий черепашник. Товщина цього шару в середньому сягає 0,5–0,6 м. Біля берегів спостерігається тонка смуга пісків (шириною до 30 м) з битим черепашником.

В табл. 2 наведено кількісні характеристики донних відкладів лиману в сучасний період.

Таблиця 2. Розподіл донних відкладів у Кардашинському лимані

Тип відкладів	Площа, км ²	Частка, %
Пісок	0,522	9,8
Замулений пісок	1,721	32,5
Піщаний мул	1,084	20,5
Мул	1,973	37,2

Дані таблиці свідчать, що в лимані переважають донні відклади у вигляді мулу та замуленого піску (37,2 та 32,5% площі). Меншу територію займають піщані мули – 20,5% площі. На піщані ґрунти припадає найменша частка акваторії лиману – 9,8% площі. Ґрунти, вкриті черепашником, займають 16,0% площі лиману (848 тис. м²). Ґрунти Кардашинського лиману складаються переважно з фракцій дрібної та середньої крупності. Найменша частка припадає на піщані ґрунти, що зустрічаються лише в районі прибережної смуги та в місцях впадіння єриків до лиману.

Висновки. Кардашинський лиман відноситься до значних за розміром заплавлених водойм дельти Дніпра. Він є другою за площею та третьою за об'ємом водоймою пониззя Дніпра.

За морфометричними характеристиками та іншими гідрологічними показниками (розподіл глибин, термічний режим, оптичні властивості водних мас, донні відклади та ін.) в лимані досить чітко виділяються дві частини: верхня (північно-східна) і нижня (південно-західна), між якими сформувалась зона мілководдя.

Лиман відноситься до водойм з повільним зовнішнім водообміном. Середнє значення періоду його зовнішнього водообміну в сучасний період складає 16 діб, що майже вдвічі довше ніж у 80-х роках минулого століття. Рухливість вод в Кардашинському лимані, що зумовлена переважно вітровими течіями, досить активна. Тому водоймі притаманний суттєвий очисний потенціал її водних мас.

Список літератури

1. *Алексенко Т.Л.* Итоги работы Херсонской гидробиологической станции НАН Украины по изучению биоразнообразия водных систем Днепровско-Бугской устьевой области / Т.Л. Алексенко // Современные проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы решений: Материалы III международной науч. конф. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2012. – С.3–6.
2. *Коржов Є.І.* Зовнішній водообмін руслової та озерної систем пониззя Дніпра в сучасний період / Є.І. Коржов // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2013. – Т.2(29). – С.37–45.
3. *Коржов Є.І.* Вплив режиму течій на кількісні показники фітопланктону мілководних водойм пониззя Дніпра / Є.І. Коржов, Г.Н. Мінаєва // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К.: Обрії. – 2014. – Том 2(33). – С. 61–65.
4. *Коржов Є.І.* Математичне моделювання течій у внутрішніх водоймах пониззя Дніпра / Є.І. Коржов // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К.: Обрії. – 2012. – Том 2(27). – С. 38–43.
5. *Лаврик В. І.* Экологическая емкость и её количественная оценка / В.И. Лаврик, А.И. Мережко, Л.А. Сиренко, В.М. Тимченко // Гидробиол. журн. – 1991. – Т.27, №3 – С. 13–23.
6. *Тимченко В.М.* Физическое моделирование динамики водных масс Днестровского лимана / В.М. Тимченко, В.И. Вишневецкий // Гидробиол. журн. – 1982. – 25, № 3. – С. 65–68.
7. *Тимченко В.М.* Внешний водообмен пойменных водоемов устьевой участка Днепра как фактор управления их экосистемами / В.М. Тимченко // Гидробиол. журн. – 1996. – Т. 32, №5. С. 90–102.
8. *Тимченко В.М.* Основні фактори погіршення екологічного стану пониззя Дніпра / В.М. Тимченко, В.Л. Гільман, Є.І. Коржов // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2011. – Т. 3(24). – С. 138–144.
9. *Фельзенбаум А.И.* Теоретические основы

и методы расчета установившихся морских течений / А.И. Фельзенбаум; АН СССР, Ин-т океанологии. – М.: изд-во АН СССР, 1960. – 126 с.

Еколого-гідрологічна характеристика Кардашинського лиману в сучасний період

Коржов Є.І., Гільман В.Л.

Зміни елементів гідрологічного режиму під впливом комплексу антропогенних та природних факторів вплинули на екологічний стан майже всіх водойм пониззя Дніпра. В статті розглянуто сучасний гідрологічний режим Кардашинського лиману та особливості розподілу його елементів у водоймі.

Ключові слова: Кардашинський лиман, гідрологічний режим, еколого-гідрологічна характеристика

Эколого-гидрологическая характеристика Кардашинского лимана в современный период

Коржов Е.И., Гильман В.Л.

Изменения элементов гидрологического режима под влиянием комплекса антропогенных и природных факторов повлияли на экологическое состояние практически всех водоемов низовья Днепра. В статье рассмотрен современный гидрологический режим Кардашинского лимана и особенности распределения его элементов в водоеме.

Ключевые слова: Кардашинский лиман, гидрологический режим, эколого-гидрологическая характеристика

Ecological and hydrological characteristics Kardashinskii estuary in modern times

Korzhov E.I., Gilman V.L.

Changes in the elements of the hydrological regime under the influence of complex natural and anthropogenic factors have affected the ecological state of almost all water bodies downstream of the Dnieper. In the article the modern hydrological regime of Kardashinskiy Liman lake and features of the distribution of its elements in the water has been described.

Keywords: Kardashinskiy Liman lake, hydrological regime, ecological and hydrological characteristics.

Надійшла до редколегії 17.04.2015