

response of urban agglomeration ponds' phytoplankton to the influence of anthropogenic factors according to structural and functional characteristics. Research results of ponds in Bila Tserkva city (pond number 2 of the Alexandria arboretum), Zhytomyr (Sokolovsky pond), and Kyiv (pond on the Syrets River in the Nyvky Park) were presented. Phytoplankton samples were taken during spring-autumn 2016-2017. They were studied by generally accepted hydrobiological methods. Expert examination of anthropogenic influence on the ponds under study was conducted. Characteristics of ponds according to morphometric, hydrophysical and hydrochemical parameters is given. The poorest species composition was observed in the pond in Bila Tserkva city, which is characterized by presence of an intense point source of pollution with inorganic nitrogen compounds. The comparative analysis of the algae species composition of phytoplankton in the ponds under the study according to the Sorensen coefficient has shown that all the ponds differed among themselves and, accordingly, the conditions in which algae develop. The greatest share in phytoplankton abundance and biomass in the pond of Bila Tserkva city was formed by eugenic and green algae. Green, blue-green and diatoms dominated in the Sokolovsky pond. The phytoplankton of the pond in the park "Nyvky" (Kyiv), anthropogenic impact distinguished by scattered in nature was formed by green, eugenic and diatoms, the share of other divisions was significant. The special aspects of the phytoplankton dominant complex are presented. In the pond of Bila Tserkva city phytoplankton was represented by euglena algae, and in the Sokolovsky pond – by green and blue-green, which contributed to the water blooming. It was established that with increasing intensity of anthropogenic influence on the pond the information diversity of phytoplankton have decreased. For the action of a point source of pollution in pond of Bila Tserkva the Shannon index was the lowest and did not exceed 2.00, and in the case of diffuse contamination its value exceeded 2.50, which indicates the predominance of polydominant phytoplankton structure. According to a saprobiological assessment of the water quality the pond of Bila Tserkva city is characterized by the highest organic contamination. Consequently, the presence of point pollution in the first place leads to simplification of the structure of phytoplankton, dominance of euglena, blue-green and green algae, decreasing information diversity and water quality by saprobiological indicators. Thus, the response of phytoplankton to the anthropogenic factors influence is shown by decreasing of species and information diversity and growth of biomass due to the algal nuisance.

*Key words: ponds of city agglomerative rates, species diversity, abundance, biomass, dominant complex, Shannon and saprobity indices*

Рекомендує до друку  
В. В. Грубінко

Надійшла 09.10.2017

УДК: 504.054(262.5.05)

Є. В. СОКОЛОВ

Інститут морської біології Національної академії наук України  
вул. Пушкінська, 37, Одеса, 65125

## **ОЦІНКА СУЧАСНОЇ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВОДОЗБІРНОГО БАСЕЙНУ ТИЛІГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ**

Проведена інвентаризація ландшафтно-господарської структури і аналіз еколого-господарського балансу природно-територіальних комплексів водозбірної площі Тилігульського лиману. Дана оцінка порушення гідрологічного режиму та перетворення природно-територіальних комплексів водозбірної площі Тилігульського лиману. Розглянуті гідроекологічні особливості лиману і антропогенного впливу на інтенсивність первинно-продукційних процесів його екосистеми. Здійснений просторовий розподіл антропогенної

трансформації природних умов на основі гідролого-морфологічного зонування водозбірної площі для прийняття менеджмент-рішень.

*Ключові слова:* Тилігульський лиман, водозбірна площа, антропогенний вплив, еколого-господарський баланс

**Вступ.** Екосистема Тилігульського лиману (ТЛ) є одним з найбільш цінних регіональних резерватів високого біологічного різноманіття північно-західного Причорномор'я. Особливості геоморфологічної будови – звивиста берегова лінія, подовженість водного ложа, численні піщані мілини, гирла балок і малих річок призвели до формування потужної контактної зони між узбережжям і акваторією ТЛ. Виражений прояв екотонних властивостей ТЛ зумовило різноманіття біотопічних комплексів і ландшафтно-біоценотичної структури його екосистеми.

В останні десятиліття природні умови водойми зазнали істотних змін внаслідок нерациональної господарської діяльності на водозбірній площі лиману, до якої в першу чергу можна віднести: повсюдну оранку земель з використанням мінеральних добрив та пестицидів; дачну і селитебну забудову узбереж без централізованої каналізаційної системи; зарегулювання водотоків лиману (річок і балок) ставками.

За типом гідрологічного зв'язку Тилігульський лиман є закритим – відділений від моря піщаним пересипом з системою озер, ширина якої становить 3,2 км. Рибний канал на пересипу періодично з'єднує лиман з морем. Витрата води по каналу зазвичай становить кілька сотень тисяч кубічних метрів на добу, але може досягати і 1,5 млн. м<sup>3</sup> добу<sup>-1</sup> [11]. У лиманів закритого типу (відсутність гідрологічного зв'язку з морем) посушливий клімат регіону з переважанням шару випаровування над опадами, формує залежність від поверхневого стоку з водозбірної площі, що відтак має низький коефіцієнт стоку і дуже чутливий до зарегулювання гідрографічної мережі. Літньо-осіння межень спостерігається в Серпень – Вересень, в цей період водотоки, що впадають в лиман можуть пересихати [13].

Мета роботи: здійснити інвентаризацію ландшафтно-господарської структури і розподіл антропогенної трансформації природних умов на основі гідролого-морфологічного зонування водозбірної площі Тилігульського лиману для прийняття управлінських рішень.

### **Матеріал і методи досліджень**

Аналіз ландшафтно-господарської структури природно-територіальних комплексів водозбірної площі Тилігульського лиману проводився на основі дешифрування супутникових знімків Landsat8 [18] методом «Maximum Likelihood» і «IsoData» набору інструментів «Spatial Analyst», з створенням спектральних сигнатур в програмному пакеті ArcGis v10, а також з використанням топографічних карт генштабу, які прив'язувалися географічно.

Для оцінки антропогенної трансформації природних умов розраховувався інтегральний показник структури природних, квазіприродних і антропогенних угідь - коефіцієнт антропогенної перетвореності [14]. Просторовий розподіл населення проводився на основі даних «OpenStreetMap» [17], з використанням автоматичної інтерполяції за методом IDW (обернено-зважених відстаней) в програмному пакеті ArcGis v10.

Розподіл антропогенної трансформації природних умов проводився на основі гідролого-морфологічного зонування водозбірної площі розрахованого за даними цифрових моделей рельєфу SRTM [16] в програмному пакеті ArcGis v10 з використанням набору інструментів модулю «Hydrology».

Оцінка порушення гідрологічного режиму водозбірної площі ТЛ проводилась з розрахунком коефіцієнта питомої площі ставків – відношення площ локальних водозборів до відповідної площі ставків розташованих на них, виражене у відсотках. Також оцінка порушення гідрологічного режиму на локальних водозбірних ділянках проводилась з урахуванням кліматичних особливостей та природних стокоформуючих факторів. Для цього за значеннями ізоліній шару кліматичного стоку проводилась інтерполяція водозбірної площі у програмному пакеті ArcGis v10. Згідно з методикою клімат-стік [2] для розрахунку поверхневого стоку необхідно від кліматичного перейти до природнього, що було зроблено за допомогою поправочного коефіцієнта на основі середньої висоти кожної ділянки.

Для об'єднання локальних ділянок водозбірної площі ТЛ в групи на основі інтегрального обліку: антропогенної трансформації природно-територіальних комплексів ( $k_{ан}$ ); порушення гідрологічного режиму пов'язаного з зарегулюванням гідрографічної мережі ( $k_p$ ); щільності населення - фактора людності ( $k_n$ ), був застосований кластерний аналіз з використанням програмного пакету Statistica. Оскільки значення перерахованих вище показників між собою знаходяться в різних масштабах і шкалах, перед проведенням кластерного аналізу необхідно було привести ці показники до єдиної безрозмірної шкали від 0 до 1 – провести стандартизацію із збереженням амплітуди коливання значень всередині кожного з них. Для цього застосовувалися нормувальні функції. В якості алгоритму кластеризації використовувався метод Уорда. В якості метрики використовували евклідову відстань. Для визначення кількості класів використовувався графік об'єднання (кластеризації), методом «к-середніх», кількість класів визначалося як:  $n - m$ , де  $n$  – кількість об'єктів у вибірці, а  $m$  – номер кроку, де була визначена точка «перелому».

### Результати досліджень та їх обговорення

Гідрологічний режим водозбірної площі ТЛ істотно порушений в результаті господарської діяльності. Зменшення поверхневого стоку викликано в першу чергу створенням численних ставків в мережі гідрографії ТЛ. Так, на всій водозбірній площі лиману розташовано 149 ставків (рис. 1), сумарною площею водного дзеркала понад 12 км<sup>2</sup> і об'ємом понад 16 млн. м<sup>3</sup>. Більшість із ставків створені стихійно і без відповідних документів, які регламентують режим експлуатації.

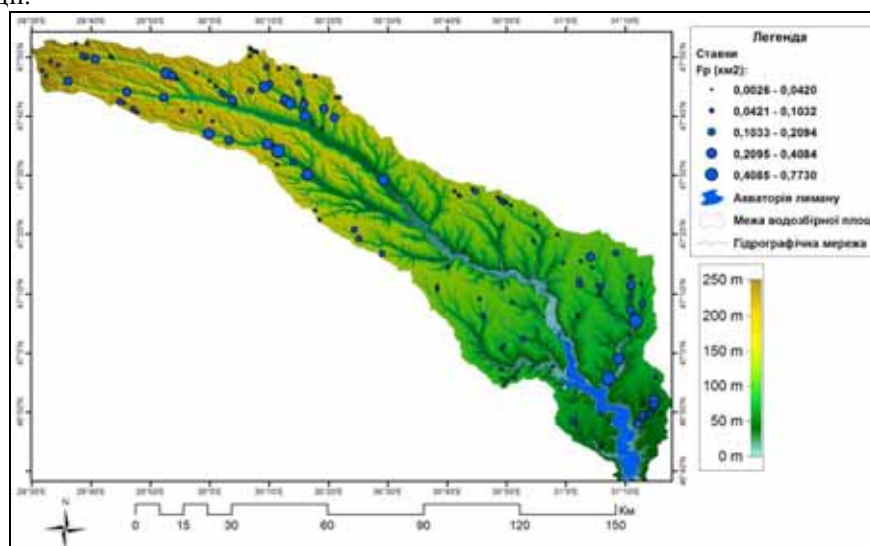


Рис. 1. Просторовий розподіл штучних ставків на водозбірній площі Тилігульського лиману

Обсяг випаровування з поверхні водного дзеркала ставків з урахуванням солоності для середньоводного року становить 107 млн. м<sup>3</sup>, обсяг опадів 61,5 млн. м<sup>3</sup>, обсяг природного стоку – 58 млн. м<sup>3</sup>, а з урахуванням обсягів на заповнення ставків і випаровування з їх поверхні (11 млн. м<sup>3</sup>), поверхневий стік становить 35,5 млн. м<sup>3</sup>, тобто сумарне значення об'єму поверхневого стоку з водозбірної площі і опадів на акваторію ТЛ в середньо водний рік менше обсягу випаровування з водного дзеркала лиману на 10% і більше, а в маловодний рік поверхневий стік може повністю перехоплюватися ставками на заповнення їх об'єму та випаровування. Виникає необхідність компенсації прибуткової частини водного балансу лиману надходженням морської води в середньо водні, а особливо, в маловодні групи водності, але в умовах акумулятивності лиману по відношенню до моря і відсутності вільної циркуляції лиману з ним, це може призвести до накопичення солі в лимані (збільшення солоності).

Природно-територіальні комплекси ТЛ представлені полинно-типчаково-ковилковими степами, луками, водно-болотними угіддями, солончаками і є біотопами для рідкісних видів рослин і тварин, занесених до Європейського Червоного списку та Червоної книги України. До квазіприродних ландшафтів можна віднести штучні лісові насадження. До антропогенного впливу віднесено: населені пункти та їх інфраструктура, штучні ставки, рілля, поклади, садово-городні ділянки, скотарські ферми, кар'єри та промислові об'єкти склади з агрохімікатами кар'єри та промислові об'єкти, звалища ТПВ (рис. 2).

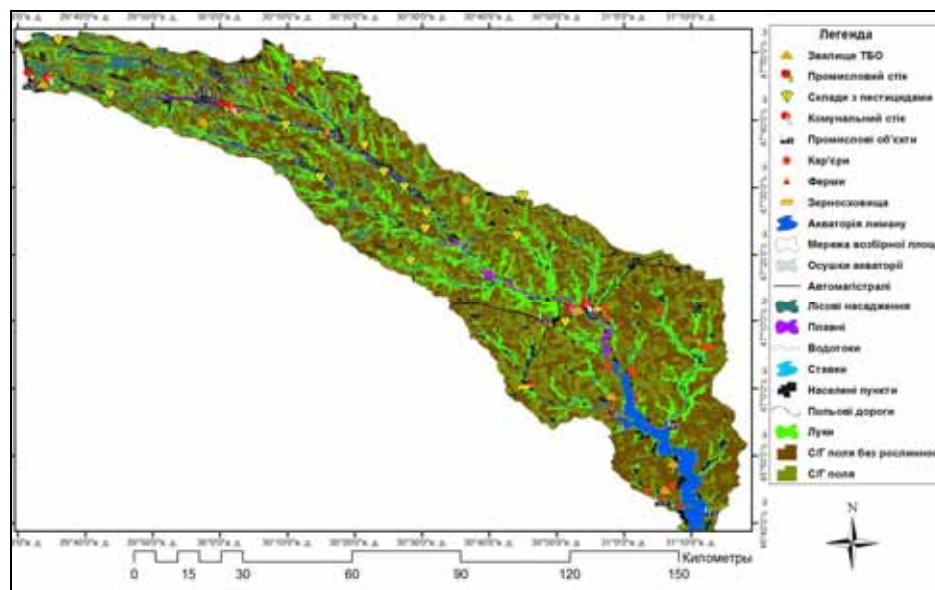


Рис. 2. Ландшафтно-господарська структура водозбірної площі Тилігульського лиману складена у липні 2014 р.

Аналіз господарського (антропогенного) порушення ландшафтно-територіальної структури водозбірної площі ТЛ виявив значні перетворення природних умов. Так, велика частина території зайнята сільськогосподарськими оброблювальними землями (ріллею), на частку яких припадає 69%. Слід зазначити, що згідно з літературними даними, забруднення водойм за рахунок виносу біогенів з сільськогосподарських угідь з поверхневим стоком збільшується в порівнянні з природними умовами в 10 - 50 разів і досягає 5 - 50 кг·га<sup>-1</sup> на рік [1]. Частка антропогенно-трансформованих елементів (землі сільських і дачних масивів, промислові об'єкти та інфраструктура, штучні ставки та кар'єри) становить 5%. Умовно-непорушені (луки, степи, плавні), і ті що використовуються в природному вигляді (пасовища, сіножаті, зони рекреації), середовище-захисні угіддя (лісосмуги, лісові насадження) складають 26% і збереглися переважно на дні балок, в долинах і руслах річок. Така структура водозбірної площі незбалансована, оскільки: «При порушенні усталених екологічних зв'язків більш ніж на 40% система знецінюється і деградує» [6] і не відповідає збалансованій екологічній інфраструктурі (табл. 1).

В цілому для водозбірного басейну Тилігульського лиману коефіцієнт антропогенної перетворюваності ландшафтно-територіальної структури території [14] знаходиться в межах середнього рівня (5,31 <math>K\_{ан}</math> <math><6,50</math>), проте його значення наближається до меж сильно-перетвореного стану.

В цілому водозбірна площа характеризується малою щільністю населення в середньому 10 люд.·км<sup>-2</sup>. Найменший антропогенний тиск з боку населення притаманний територіям верхньої частини р. Тилігул. Найбільша кількість населення припадає на м. Котовськ, м. Ананьїв, м. Березівка (рис. 3).

Екологічні параметри збалансованої території в степовій зоні

Показник	Гранично-допустимі значення, %	Оптимальні значення, %
Природні ландшафти	не менше 35 – 40 [9]	не менше 60 [9]
Орні угіддя	не більше 60 [10,6]	40 – 45 [10,12]
Багаторічні трави від площі ріллі	не менше 30 [4]	30 – 50 [4]
Лісові насадження	10 – 15 [7]	15 – 20 [7]
Полезахисні лісосмуги від площі ріллі	4 – 5 [7]	7 – 10 [7]
Зрошувані землі від площі сільгоспугідь	до 15 в посушливій зоні [8]	10 [8]
Селітебні території	не більше 10 [10]	1 – 3 [4]

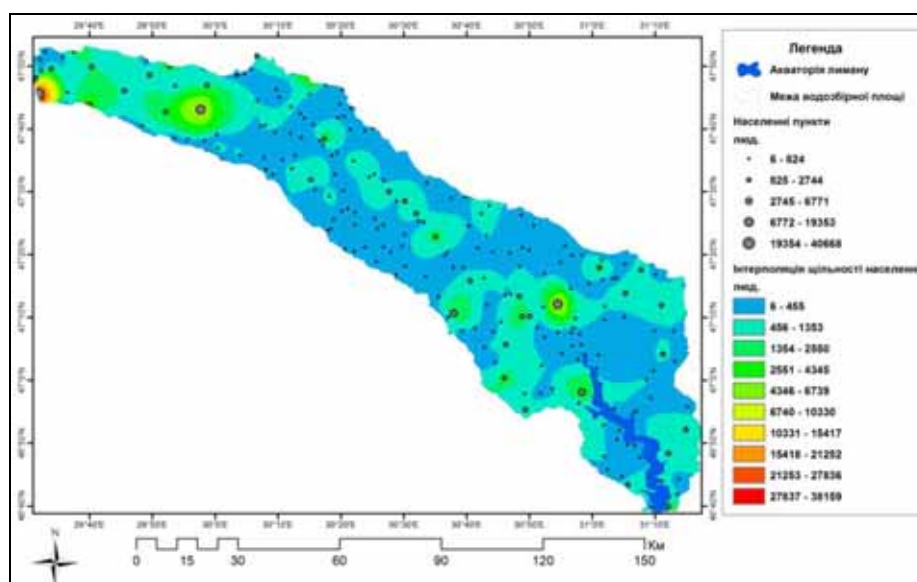


Рис. 3. Інтерполяція щільності населення на водозбірній площі Тилігульського лиману

Розгалужена гідрографічна мережа щільністю  $0,45 \text{ км} \cdot \text{км}^{-2}$  і високі значення коефіцієнта звивистості берегової лінії – 3,5 (тобто зона зіткнення лиману із сушею в три рази більше ніж у водойми з такою ж площею, але яка має форму кола), в умовах сучасної трансформації природних територіальних комплексів в багатоводні роки можуть формувати організований стік біогенних і забруднюючих речовин відразу в декількох ділянках акваторії лиману. Нерівномірний розподіл глибин і наявність глибоководних ям водної улоговини, формує в придонних шарах водної товщі лиману зони утрудненого водообміну (стратифікації) в окремі роки може спостерігатися розбалансування продукційно-деструкційних процесів лиману. Так аномальні кліматичні умови 2010 року, пов'язані з рекордним шаром опадів (749 мм) і високою температурою повітря, в умовах акумулятивності лиману (відсутності вільної циркуляції з морем), викликали спалах продукційного процесу і бурхливе «цвітіння» фітопланктону, що призвело до виникнення гіпоксії з масовою загибеллю риб та інших гідробіонтів у південній та центральній частинах лиману. Так, 27 липня 2010 р. (вдень), у південній частині лиману, біля с. Кошари, на глибині 5 м і нижче, вміст розчиненого кисню був нижчим від межі визначення, а на узбережжі в місці масового скупчення водоростей-макрофітів його концентрація складала

6,35 мг·дм<sup>-3</sup>. Навіть надходження морської води витратою 440 тис. м<sup>3</sup>·доб.<sup>-1</sup>, не призвело до ефективного стабілізуючого впливу на гідроекологічні умови лиману [13].

Вимірювання добового ходу кисню на узбережжі південної частини лиману (46°40.480'N; 31°9.684'E) влітку (27 - 28 липня 2012 р.) при максимальних температурах повітря виявили істотне зниження насичення води киснем вночі. Для порівняльної характеристики були проведені добові зйомки кисню в близький період часу при практично ідентичних погодних умовах (температури повітря, відсутність опадів і надходження морської води через канал, штиль в нічний час доби) в південній частині Дофинівського лиману і прибережної частини Чорного моря (з меншим кроком відбору проб) (рис. 4).

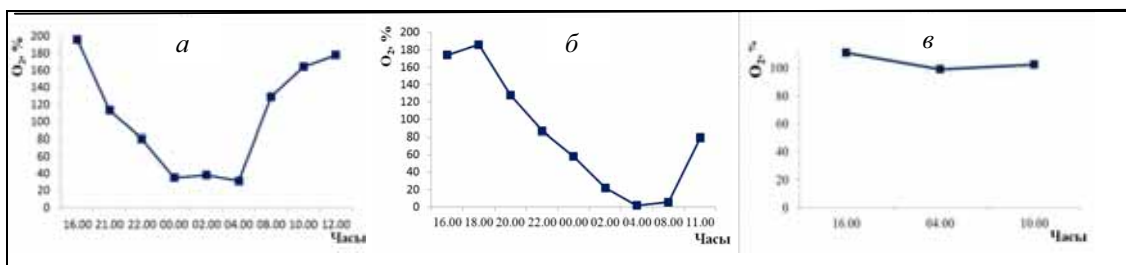


Рис. 4. Добовий хід кисню в літній період 2012 р.: а – Тилігульський лиман; б – Дофинівський лиман; в – прибережна частина Чорного моря.

Нині показник насичення киснем води Тилігульського і Дофинівського лиманів значно вищий, ніж показника насичення киснем морської води. Для обох лиманів така ситуація викликана фотосинтетичною активністю фітоценозів водної рослинності. Уночі в лиманах спостерігається різке зниження вмісту кисню з мінімальними значеннями перед світанком, до рівня ризику гіпоксії в ТЛ і до рівня повної аноксії з виділенням сірководню в Дофинівському лимані. У морській воді показник насичення киснем перед світанком є практично незмінним у зв'язку з інтенсивною гідродинамікою і водообміном вздовж узбережжя [13].

Басейновий принцип управління водними екосистемами є фундаментальним в Водній рамковій Директиві ЄС [15]. Для більш детальної оцінки антропогенної трансформації природних умов та розробці менеджмент заходів водозбірна площа була диференційована з урахуванням гідролого-морфологічних особливостей і ланок гідрографічної мережі на локальні водозбірні ділянки (рис. 5).

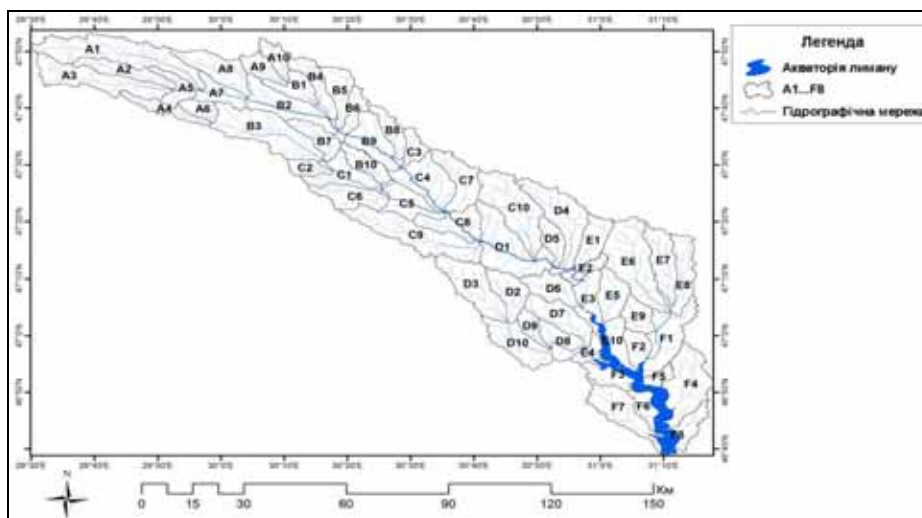


Рис. 5. Гідролого-морфологічне зонування водозбірної площі Тилігульського лиману на локальні водозбірні ділянки



Диференційна оцінка водозбірної площі ТЛ дозволяє провести просторовий аналіз з визначенням екологічного стану кожної ділянки за ступенем: антропогенної трансформації пов'язаної з перетворенням природно-територіальних комплексів; порушення гідрологічного режиму у зв'язку з зарегулюванням гідрографічної мережі; фактора людності, який також формує антропогенний вплив. Такий підхід дає можливість визначити ділянки, які в першу чергу потребують екологічних менеджмент заходів для зменшення антропогенного впливу на екосистему лиману.

Диференційна оцінка порушення гідрологічного режиму виявила, що найбільші значення коефіцієнта питомої площі ставків водозбірної площі мають ділянки: В1, В3, В4, Е8, F2, F4 – (0,86 – 1,54%), також великі значення притаманні ділянкам: А3, А4, А9, В6 та В7 (0,46 – 0,67), тоді як більша частина водозбірних ділянок має малу питому площу ставків, або не має її взагалі 0 – 0,23% (рис. 6).

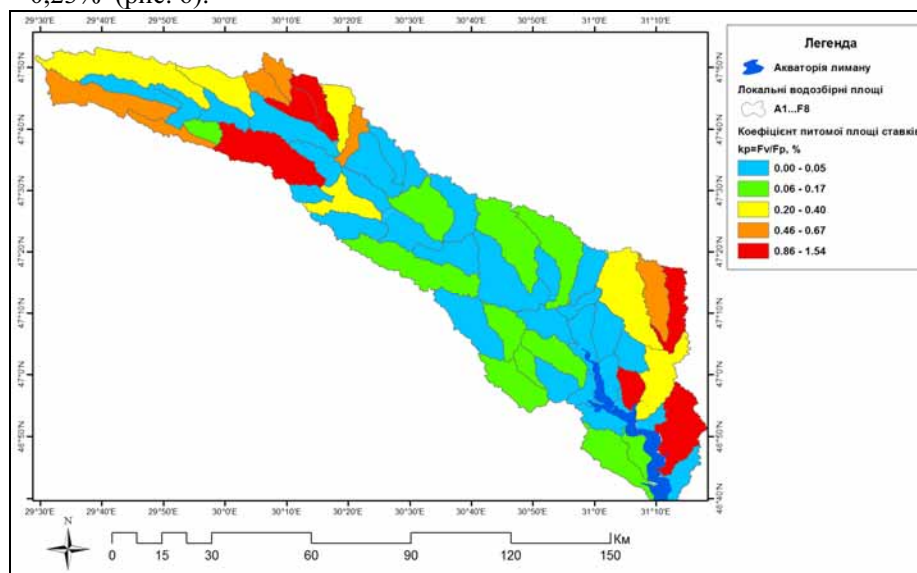


Рис. 6. Просторовий розподіл коефіцієнта питомої площі ставків на локальних водозбірних площах ТЛ

Оцінку порушення гідрологічного режиму було також проведено з урахуванням середнього значення кліматичного шару стоку (рис. 7, а) на кожній локальній водозбірній ділянці (рис. 7, б).

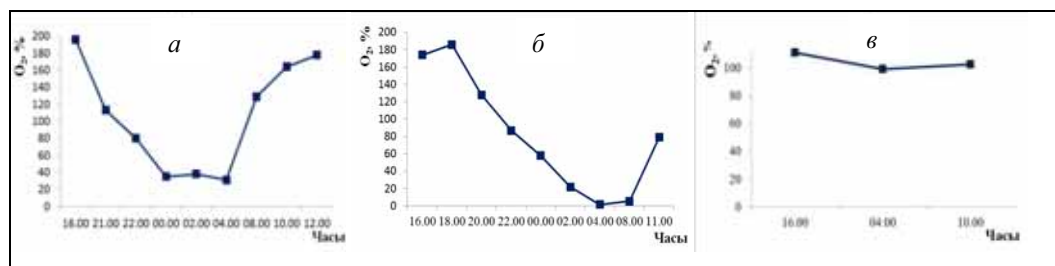


Рис. 7. Інтерполяція шару поверхневого стоку на водозбірній площі ТЛ «а» і на його локальних водозбірних ділянках «б».

Для оцінки втрат поверхневого стоку за рахунок ставків був проведений розрахунок обсягу природного стоку (розрахований на основі кліматичного) і співвідношення його з об'ємом ставків для кожної ділянки (рис. 8).

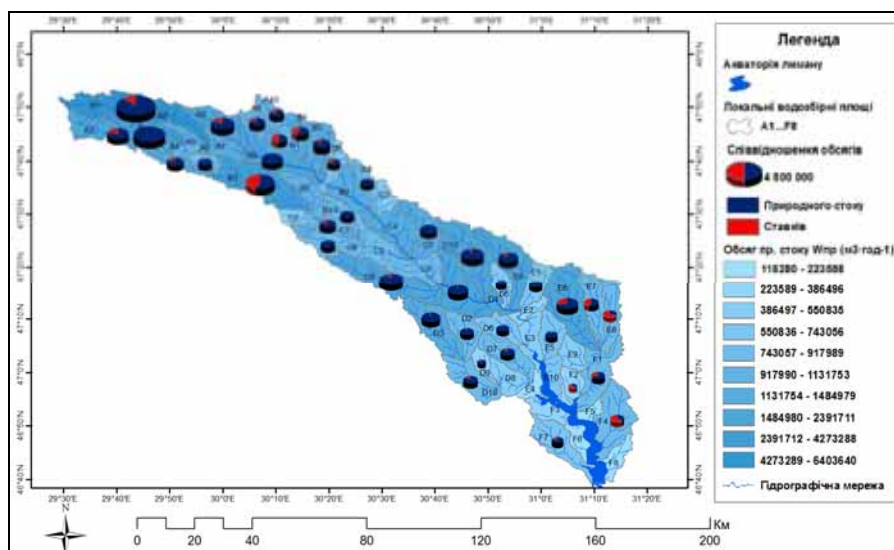


Рис. 8. Просторовий розподіл обсягів природного стоку і співвідношення з об'ємами ставків на локальних водозбірних ділянках Тилігульського лиману

Найменші значення поверхневого стоку по відношенню до обсягів зарегулювання ставками властиві ділянкам: E8, F2, F4, B1, B4, B3, E7, де поверхневий стік може повністю перехоплюватися ставками навіть у середньоводний рік, тоді як в маловодний рік безстічними областями в результаті зарегульованості можуть володіти значно більші ділянки водозбірної площі ТЛ.

Згідно з результатами оцінки ландшафтно-господарської структури розподіл коефіцієнта антропогенної трансформації на обраних ділянках було отримано в таких співвідношеннях: перетворені – 1%, середньо перетворенні – 58%, сильно перетворені – 41%. Такий стан свідчить про малу кількість середовищ-захисних угідь і значним аграрним перетворенням природних ландшафтів з незбалансованою екологічною інфраструктурою водозбірної площі (рис. 9).

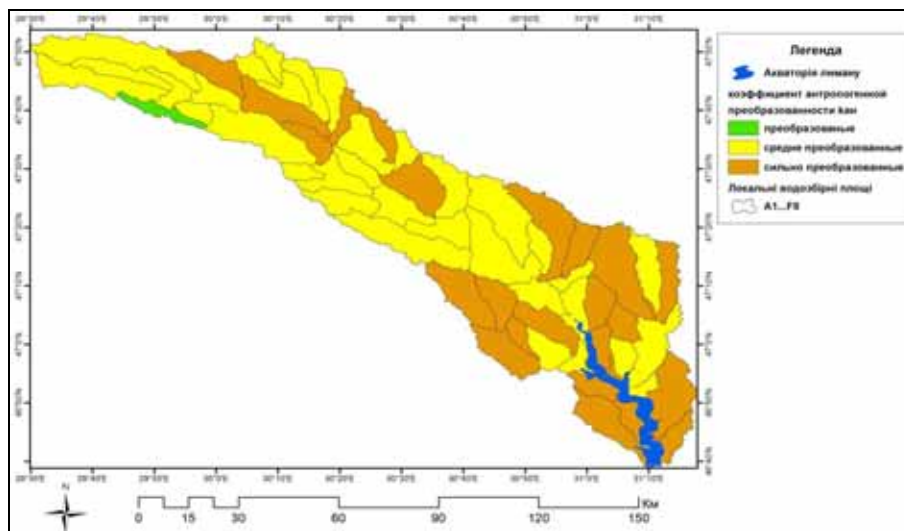


Рис. 9. Просторовий розподіл коефіцієнта антропогенної перетворюваності природно-територіальних комплексів на локальних водозбірних ділянках Тилігульського лиману

В інтервалі значень коефіцієнта антропогенного трансформування ділянок водозбірної площі ТЛ, що характеризуються статус класом середньо перетвореної ландшафтно-



господарської структури, велика частина (66%) знаходиться у верхньому діапазоні значень коефіцієнта: 6 - 6,50 (рис. 10), тобто стан природно-територіальних комплексів наближається до статусу класу сильно-перетвореного. У статус класі сильно-перетворених природних умов 36% ділянок знаходяться в нижній межі: 6,51 - 6,80, тобто для них необхідно проводити меліоративні роботи і резервацію природно-територіальних комплексів, в той час як ділянки з більш високим значенням коефіцієнта цього статусу класу потребують першочергової ренатуралізації і збільшенні середовищ-захисних угідь.

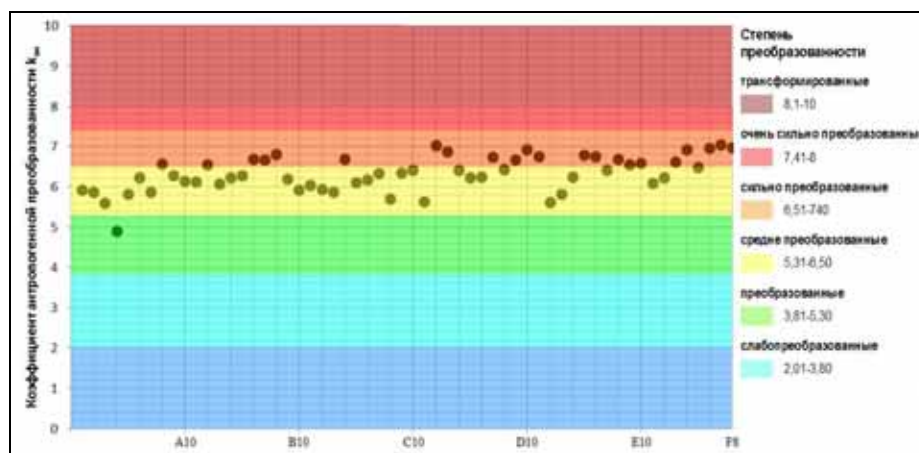


Рис. 10. Розподіл діапазону значень коефіцієнта антропогенного трансформування локальних водозбірних площин на Тилігульському лимані

Просторова оцінка фактора людності (рис. 11) показала, що до найбільшого впливу схильні ділянки: А3, А7, А2, А5, А6, А8, Е2, Е4, тобто переважно розташовані у верхів'ї водозбірної площі ТЛ, що характеризуються щільністю населення від 1355 до 4332 люд. і питомою щільністю в середньому від 20 до 62 люд.·км<sup>-2</sup>, тоді як більша частина водозбірної площі ТЛ характеризується коефіцієнтом людності в середньому 536 люд. і питомою щільністю в середньому 7 люд. км<sup>-2</sup>.

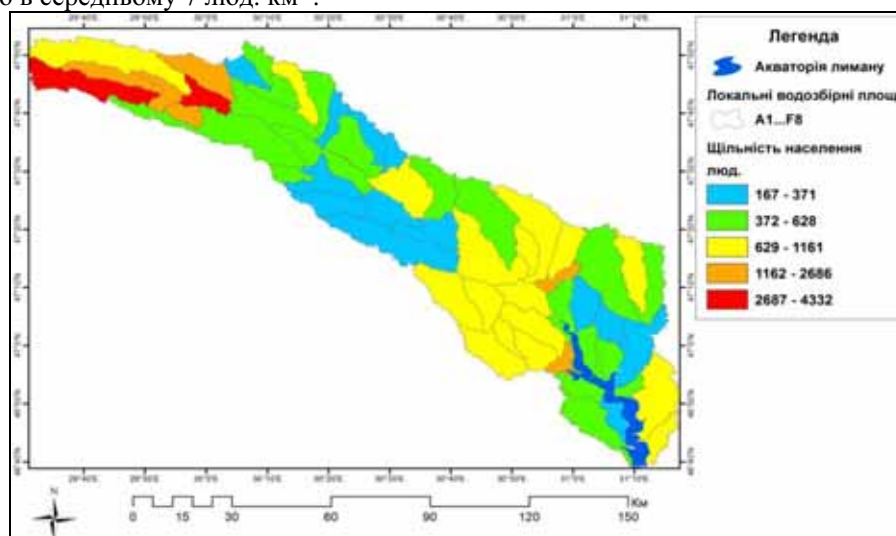


Рис. 11. Просторовий розподіл щільності населення на локальних ділянках водозбірної площі ТЛ

В результаті об'єднання локальних ділянок водозбірної площі ТЛ в групи на основі інтегрального обліку: антропогенної трансформації природно-територіальних комплексів ( $K_{ан}$ );

порушення гідрологічного режиму пов'язаного з зарегулюванням гідрографічної мережі ( $k_p$ ); щільності населення - фактора людності ( $k_n$ ) була отримана дендрограма подібності лиманів за типами антропогенного впливу локальних водозбірних ділянок ТЛ (рис. 12).

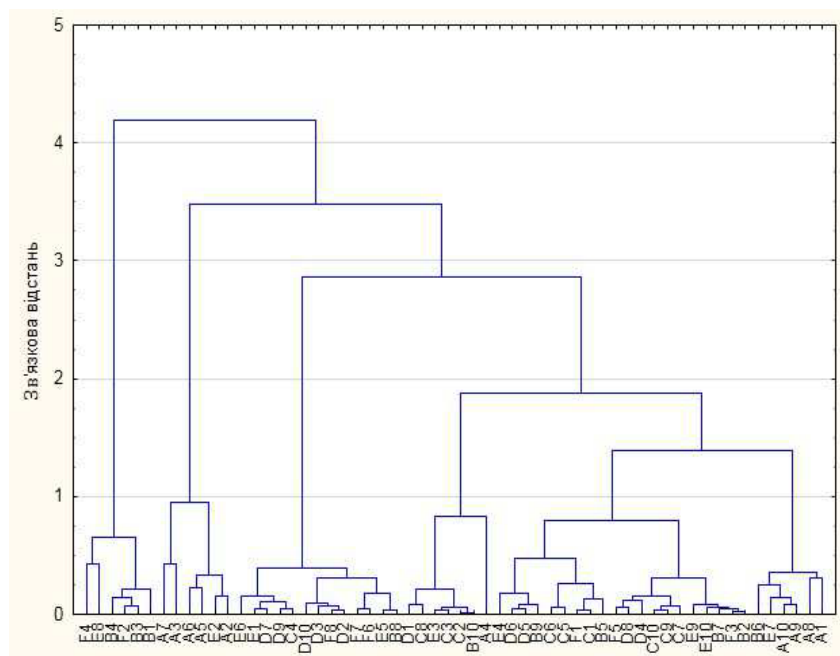


Рис. 12. Дендрограма подібності ділянок водозбірної площі Тилігульського лиману за антропогенними показниками, побудована методом Уорда

На основі графіку об'єднання (кластеризації), методом «к-середніх» було отримано 6 груп - кластерів (табл. 2), що так само видно з дендрограми (див. рис. 12).

Таблиця. 2

Склад кластерів ділянок водозбірної площі Тилігульського лиману за антропогенними показниками

№ кластера	№ ділянок водозбірної площі
1	A3, A5, A6, A7
2	A1, A2, A4, B10, C2, C3, C8, D1, E2, E3
3	B1, B3, B4, E8, F2, F4
4	B5, B9, C1, C5, C6, C7, C9, C10, D4, D5, D6, D8, E4, F1, F5
5	A8, A9, A10, B6, E7
6	C4, D2, D3, D7, D9, D10, E1, E5, E6, E9, E10, F3, F6, F7, F8

Середні значення антропогенних показників для кожного кластера представлені на рис. 13. По горизонталі відкладені показники, які беруть участь у класифікації, по вертикалі – їх середні значення (в безрозмірній шкалі від 0 до 1) у розрізі отриманих кластерів.

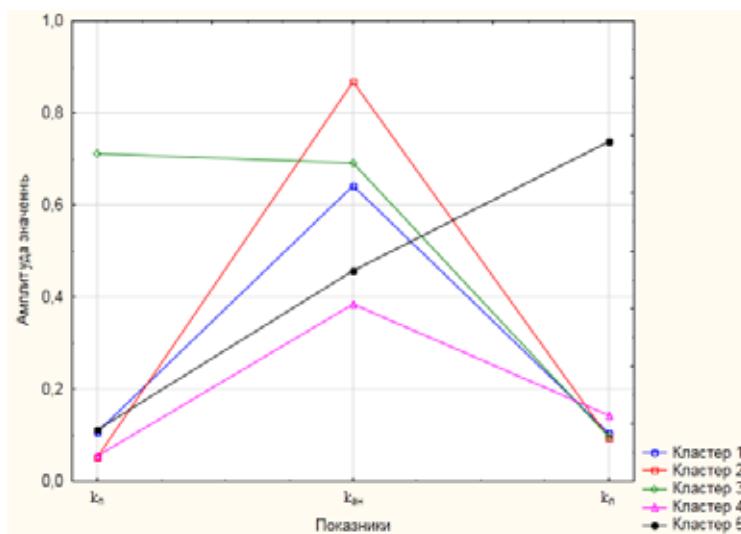


Рис. 13. Графік середніх значень антропогенних показників для кожного кластера ( $K_n$  – коефіцієнт зарегулювання,  $K_{ан}$  – коефіцієнт антропогенного навантаження,  $K_л$  – коефіцієнт людності)

Найменша антропогенна трансформація за сумою трьох показників належить ділянкам водозбірної площі ТЛ, які входять в четвертий кластер, що говорить про мінімальний антропогенний тиск на ділянки водозбірної площі лиману цього кластеру. Найбільше зарегулювання гідрографічної мережі, та високе трансформування природно-територіальних комплексів властиво третьому кластеру при низькій щільності населення.

Кластер номер п'ять об'єднує локальні водозбірні площі з найбільшим коефіцієнтом щільності населення. Найбільш високе трансформування природно-територіальних комплексів властиво другому кластеру при низькому значенні коефіцієнта питомої площі ставків та щільності населення, що свідчить про малу кількість природних ландшафтів у зв'язку з великою розораністю земель під рілля і незбалансованістю екологічної інфраструктури.

### Висновки

1. Гідрологічний режим водозбірної площі Тилігульського лиману істотно порушений в результаті активної господарської діяльності на водозбірній площі. Зменшення поверхневого стоку викликано безпосередньо створенням численних ставків (149 ставків сумарною площею понад 12 км<sup>2</sup> і об'ємом понад 16 млн. м<sup>3</sup>) в гідрографічній мережі водоймища. В середньо водні роки сумарне значення обсягів поверхневого стоку з водозбірної площі і опадів на акваторію менше обсягу випаровування більш ніж на 10%. В маловодні роки поверхневий стік може повністю перехоплюватися ставками на заповнення їх об'єму та випаровування. У зв'язку з цією ситуацією виникає необхідність компенсування видаткової частини водного балансу лиману за рахунок водообміну з морем.
2. Ландшафтно-господарська структура водозбірної площі Тилігульського лиману незбалансована. Велика частина території зайнята оброблюваними землями – 69%. Природно-територіальні комплекси збереглися переважно в балках, долинах і руслах річок. Коефіцієнт антропогенного трансформування ландшафтно-територіальної структури території знаходиться в межах середнього рівня ( $5,31 < K_{ан} < 6,50$ ), проте його значення наближається до рівня сильно-перетвореного стану.
3. При сучасному рівні трансформації природно-територіальних комплексів, розгалужена гідрографічна мережа водозбірної площі, високі значення коефіцієнта звивистості берегової лінії, відсутність вільної циркуляції з морем в аномально кліматичні роки, які пов'язані з великим шаром опадів і високою температурою повітря, викликають в лимані

- спалах продукційного процесу і «цвітіння» фітопланктону, що призводить до виникнення гіпоксії з загибеллю риб та інших гідробіонтів у південній, центральній частинах лиману. У такій ситуації короткочасне надходження морської води через існуючий у пересипі рибоводний канал не призводить до стабілізації гідроекологічного режиму.
4. Розподіл коефіцієнта антропогенної перетворюваності природно територіальних комплексів (ландшафтів) на проаналізованих ділянках водозбірної площі Тилігульського лиману складає наступне співвідношення: перетворені – 1%, середньо перетворені – 58%, сильно перетворені – 41%. Такий стан свідчить про малу кількість середовище захисних угідь, значне аграрне перетворення природних ландшафтів з незбалансованою екологічною інфраструктурою водозбірної площі.
  5. Просторова оцінка фактора людності (щільності населення), показала, що під найбільшим впливом знаходяться ділянки розташовані переважно у верхів'ї водозбірної площі Тилігульського лиману, поблизу міст Котовськ, Ананьєв, Березівка, які характеризуються щільністю населення від 1355 до 4332 люд. і питомою щільністю в середньому від 20 до 62 люд.·км<sup>-2</sup>, тоді як більша частина водозбірної площі (90%) Тилігульського лиману характеризується коефіцієнтом людності в середньому 524 люд. і питомою щільністю в середньому 7 люд.·км<sup>-2</sup>.
1. *Айдаров И. П.* Комплексное обустройство земель / И. П. Айдаров. — М.: МГУП. — 2007. — 208 с.
  2. *Водні ресурси та гідро екологічний стан Тилігульського лиману: Монографія / за ред. Тучковенко Ю.С., Лободи Н.С.* Одеський державний екологічний університет — Одеса: ТЕС, 2014. — 277 с.
  3. *Кочуров Б. И.* Геоэкология: экодиагностика и эколога-хозяйственный баланс территории / Б. И. Кочуров. — Смоленск: СГУ, 1999. — 154 с.
  4. *Макевнин С.Г.* Охрана природы / С.Г. Макевнин, А.А. Вакулин. — Агропромиздат. — М.:, 1991. — 127 с.
  5. *Мухин Ю. П.* Устойчивое развитие: экологическая оптимизация агро- и урбандшафтов: Учеб. пособие / Ю. П. Мухин, Т. С. Кузьмина, В. А. Баранов. — Волгоград, 2002. — 127 с.
  6. *Одум Ю.* Основы экологии / Ю. Одум. — М.: Мир, 1975. — 740 с.
  7. *Парамонов Е. Г.* Кулундинская степь: проблемы опустынивания / Е. Г. Парамонов, Я. Н. Ишутин, А. П. Симоненко. — Барнаул: Алт. ун-т, 2003. — 138 с.
  8. *Парфенова Н. И.* Энергетические природно-зональные показатели и перспектива их применения в мелиорации / Н. И. Парфенова, Н. М. Решеткина // Мелиорация и водное хозяйство. — 1993. — № 1. — С. 3—5.
  9. *Реймерс Н. Ф.* Особо охраняемые природные территории / Н. Ф. Реймерс, Ф. Р. Штильмарк. — М.: Мысль, 1978. — 224 с.
  10. *Реймерс Н. Ф.* Природопользование: словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. — М.: Мысль, 1990. — 637 с.
  11. *Северо-западная часть Чёрного моря: (биология и экология) / [ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова].* — К.: Наукова Думка, 2006. — С. 351—356.
  12. *Синецек В.Е.* Условия стабильного функционирования агроландшафтов юга западной Сибири / Синецек В.Е., Южаков А.И. // География и природные ресурсы, 2005, № 1. — С. 85—90.
  13. *Соколов Е.В.* Интегрально-диагностическая оценка экосистемы Тилигульского лимана / Соколов Е.В. // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: біологія. — 2014. — № 4 (61). — С. 71—80.
  14. *Шищенко П.Г.* Прикладная физическая география / П.Г. Шищенко — К.: Вища школа, 1988 — 192 с.
  15. *DIRECTIVE 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy, 23 October 2000. (WFD, 2000/60/EC).*
  16. *Jarvis A.* Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m [Электронный ресурс] / A. Jarvis, H.I. Reuter, A. Nelson, & E. Guevara. — 2008. — Database: <http://srtm.csi.cgiar.org>.
  17. *OpenStreetMap* Wiki contributors. Map Features [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map\\_Features](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features) (дата обращения: 06.05.2015).
  18. *USGS Global Visualization Viewer* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://glovis.usgs.gov/> (дата обращения: 20.07.2015).

*Е. В. Соколов*

Институт морской биологии Национальной академии наук Украины

### ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА ТИЛИГУЛЬСКОГО ЛИМАНА

Проведена инвентаризация ландшафтно-хозяйственной структуры и анализ эколого-хозяйственного баланса природно-территориальных комплексов водосборной площади Тилигульского лимана. Данная оценка нарушения гидрологического режима и превращения природно-территориальных комплексов водосборной площади Тилигульского лимана. Рассмотрены гидроэкологические особенности лимана и антропогенного влияния на интенсивность первично-производственных процессов его экосистемы. Проведен пространственное распределение антропогенной трансформации природных условий на основе гидролого-морфологического зонирования водосборной площади для принятия менеджмент решений.

*Ключевые слова:* Тилигульский лиман, водосборная площадь, антропогенное воздействие, эколого-хозяйственный баланс

*E. V. Sokolov*

Institute of Marine Biology, National Academy of Sciences of Ukraine

### ASSESSMENT OF THE CURRENT ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF THE TILIGULSKY ESTUARY CATCHMENT AREA

The features of the Tiligulsky Estuary hydro-ecological ecosystem and the influence of anthropogenic and climatic conditions it is subject to were considered. Given is the assessment of water regime violations arising as a result of the ponds interference with the hydrographic network of the catchment basin areas. Spatial analysis and inventory of the catchment basin grounds based on interpretation of satellite images Landsat8 with the use of GIS were carried out.

The balance of the landscape-and-economic structures and the degree of the natural conditions transformation in the Estuary catchment basin were estimated. The state of landscape-and-economic structure indicates a lack of the environment protective lands and significant agricultural conversion of natural landscapes with unbalanced ecological infrastructure in the catchment area.

For a more detailed assessment of the anthropogenic transformation of natural conditions, the Estuary catchment basin was divided into local areas taking into account hydrological and morphological features and the hydrographic network links. This approach gives the opportunity to identify the areas that primarily require environmental management measures to reduce the anthropogenic impact on the ecosystem of the Estuary.

Volume of the natural surface runoff from the catchment area was calculated and the ratio to that of the ponds is represented. Determined were the sections of the catchment area with the lowest values of surface runoff relative to the volumes of water affected by the ponds where the surface runoff can completely be intercepted by the ponds even in the medium water year.

The spatial estimation of the population distribution showed that it has an adverse impact on the areas mainly located in the upper reaches of the Estuary catchment basin.

Conducted was the cluster analysis to combine the local sections of the catchment area of the Estuary into groups based on integral accounting: anthropogenic transformation of natural-territorial complexes ( $K_{an}$ ) in violation of the hydrological regime associated with the regulation of the hydrographic network ( $k_p$ ) of population density ( $k_l$ ).

Based on the cluster analysis the catchment area of the Tiligulsky Estuary was divided into 6 groups - clusters by anthropogenic indicators. The least anthropogenic transformation of the three indicators sum belong to the sections of the Estuary catchment area included in the fourth cluster, which indicates the minimal anthropogenic pressure on the sections of this cluster. Cluster number five includes the local catchment areas with the highest ratio of population density. The highest transformation of natural-territorial complexes is characteristic of the second cluster at a low value of the ponds' specific area to the population density ratio, which indicates a small amount of natural

landscapes in connection with a large area of the ploughed land under cultivation and imbalance in ecological infrastructure.

*Key words: Tiligulsky Estuary, catchment area, anthropogenic impact, ecological-and-economic balance*

Рекомендує до друку

Надійшла 28.09.2017

В. В. Грубінко

УДК 594.32 (477.41/.42)

О. І. УВАЄВА

Житомирський державний університет імені Івана Франка  
вул. В. Бердичівська, 40, Житомир, 10008

## **БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ЧИСЕЛЬНОСТІ І БІОМАСИ МОЛЮСКІВ РОДИНИ VIVIPARIDAE У РІЧКАХ ПОЛІССЯ**

Досліджено багаторічну динаміку кількісних показників *Viviparus viviparus* і *V. contectus* протягом 2009–2016 рр. З'ясовано, що сучасна трансформація умов навколишнього середовища Українського Полісся негативно позначається на кількісному розвитку калюжниць, оскільки виявлено тенденцію до зниження їх чисельності і біомаси протягом останніх років. Загалом зареєстровано значне зниження щільності поселення калюжниць порівняно із значеннями, які відмічались дослідниками для цієї групи молюсків у ХХ ст. Ймовірно, такі демекологічні зсуви Viviparidae пов'язані із незадовільним екологічним станом річкових систем Полісся у зв'язку із антропогенним тиском.

*Ключові слова: Viviparidae, Полісся, чисельність, біомаса, динаміка*

**Вступ.** Представники родини Viviparidae – калюжниця річкова *Viviparus viviparus* (Linné, 1758) і калюжниця болотяна *V. contectus* (Millet, 1813) відіграють важливу роль в екосистемах, оскільки входять до складу різних трофічних ланцюгів і беруть активну участь у колообігу речовини та енергії у біоценозах.

У літературі знаходимо відомості про досить великі показники кількісного розвитку Viviparidae у ХХ ст. [3; 5; 6; 13]. Так, О.В. Левіна [3] у водосховищах Дніпровського каскаду у період 1985–1988 рр. зареєструвала щільність поселення *V. viviparus* від 10–20 до 1,0–1,8 тис. екз./м<sup>2</sup>, біомасу – від 40–60 до 1400–2600 г/м<sup>2</sup>. В липні 1986 р. в оз. Лиман Зміївської ДРЕС щільність поселення *V. viviparus* становила 3,2 тис. екз./м<sup>2</sup>, біомаса – 352–4258 г/м<sup>2</sup>, а для *V. contectus* – 1952–4288 г/м<sup>2</sup> [6]. У деяких біотопах басейну р. Прип'ять у 1989–1992 рр. показники щільності поселення і біомаси *V. viviparus* становили відповідно 3,0–3,5 тис. екз./м<sup>2</sup> і 2 кг/м<sup>2</sup> [13].

Водночас антропогенна трансформація довкілля, забруднення гідросфери різними полютантами спричинили зменшення загальної чисельності популяцій фонових видів молюсків прісноводної малакофауни України загалом [2; 7], і представників родини Viviparidae зокрема [4; 8; 14]. Пониження чисельності калюжниць деякі малакологи [4] пов'язують із зменшенням кількості біотопів, придатних для поселення в них молюсків у зв'язку із меліорацією і зарегулюванням стоку малих річок на Поліссі у ХХ ст.

На сьогодні малакобіота Українського Полісся потерпає через забруднення середовища мінеральними добривами, пестицидами, гербіцидами, стічними водами промислових і комунальних підприємств [7]. Все частіше нами та й іншими малакологами реєструється зменшення загальної кількості поселень калюжниць в Україні і цілковите їх зникнення з конкретних місць поселень. Так, у Шацьких озерах (Чорне, Люцимер, Згоранське, Пісочне,