

ГЕОГРАФІЯ

УДК 502.057

Євген Миколайович Безсонов,

к. техн. н., ст. викл. кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили,
вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, 54003, Україна,
e-mail: evgbess45@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5745-3121>;

Діана Олександрівна Крисинська,

викладач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили,
e-mail: silfida13@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3117-6039>;

Родіон Дмитрович Россол,

аспірант, Чорноморський національний університет імені Петра Могили,
e-mail: bristleback32@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7203-4141>

ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІКИ ПАРАМЕТРІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ У ПЕРІОД ЛІТНЬОЇ МЕЖЕНІ

Зміни клімату зумовлюють зміни режиму зволоження і, як наслідок, вносять корективи у господарську діяльність та особливості водокористування. У контексті України, на фоні кліматичних змін, стік більшості вітчизняних річок зменшується, що особливо у меженний період загострює питання збалансованого використання екосистемних послуг водних екосистем та пріоритетизації потреб під час розподілу ресурсів, контролю екологічного стану річок та встановлення особливостей їх функціонування. Тому, визнаючи стратегічну важливість прісноводних екосистем у забезпеченні сталого регіонального та загальнодержавного розвитку, дослідження річки Південний Буг було направлено на оцінювання її екологічного стану з метою ідентифікації джерел негативного антропогенного впливу та визначення загальних екосистемних деформацій, які можуть впливати на функціональну цілісність водної екосистеми. Так, на основі польових досліджень, у роботі здійснено оцінку екологічного стану річки Південний Буг у нижній течії (від м. Південноукраїнськ). Загальна довжина маршруту склала близько 200 км. Встановлено закономірності динаміки рН та мінералізації водного середовища. Уточнено межі просторового впливу морських вод Чорного моря на Південний Буг, материкове просування яких (уверх за течією) зумовлене високим рівнем зарегулювання басейнового стоку. Ці ж процеси, як наслідок, впливають не тільки на біорізноманіття, але і на особливості промислового та побутового водокористування. З використанням стенобіонтного підходу, оцінено рівень екологічної безпеки екосистеми Південного Бугу у нижній течії. На основі отриманих результатів стенобіоіндикації, запропоновано зонування досліджуваної ділянки Південного Бугу, яке досить добре співпадає з результатами вимірювання рН та мінералізації. Тільки 1% пройденого маршруту, який відповідає порожистій ділянці русла, було класифіковано як «здорову екосистему». Із наближення до гирла, рН води поступово збільшується, що сприяє інтенсифікації процесу евтрофікації.

Ключові слова: екосистема річки Південний Буг, літня межень, оцінка екологічного стану, стенобіонтний підхід.

Е. Н. Безсонов, Д. А. Крысинская, Р. Д. Россол. ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ РЕКИ ЮЖНЫЙ БУГ В ПЕРИОД ЛЕТНЕЙ МЕЖЕНИ. Изменения климата вызывают изменения режима увлажнения и, как следствие, вносят коррективы в хозяйственную деятельность и особенности водопользования. В контексте Украины, на фоне климатических изменений, сток большинства отечественных рек уменьшается, особенно в определенный период обостряет вопрос сбалансированного использования экосистемных услуг водных экосистем и приоритетизации потребностей при распределении ресурсов, контроля экологического состояния рек и установление особенностей их функционирования. Поэтому, признавая стратегическую важность пресноводных экосистем в обеспечении устойчивого регионального и общегосударственного развития, исследование реки Южный Буг было направлено на оценку ее экологического состояния с целью идентификации источников негативного антропогенного воздействия и определения общих экосистемных деформаций, которые могут влиять на функциональную целостность водной экосистемы. Так, на основе полевых исследований, в работе осуществлена оценка экологического состояния реки Южный Буг в нижнем течении (от г. Южноукраинск). Общая протяженность маршрута составила около 200 км. Установлены закономерности динамики рН и минерализации водной среды. Уточнение границы пространственного влияния морских вод Черного моря на Южный Буг, материковое продвижение которых (вверх по течению) обусловлено высоким уровнем зарегулирования бассейнового стока. Эти же процессы, как следствие, влияют не только на биоразнообразие, но и особенности промышленного и бытового водопользования. С использованием стенобионтного подхода, оценен уровень экологической безопасности экосистемы Южного Буга в нижнем течении. На основе полученных результатов стенобиоиндикации, предложено зонирование исследуемого участка Южного Буга, которое достаточно хорошо сопоставляется с результатами измерения рН и минерализации. Только 1% пройденного маршрута, который соответствует порожистому участку русла, был классифицирован как «здоровая экосистема». По приближению к устью, рН воды постепенно увеличивается, что способствует интенсификации процесса эвтрофикации.

Ключевые слова: экосистема реки Южный Буг, летняя межень, оценка экологического состояния, стенобионтный подход.

Вступ. Відомо, що річка Південний Буг є однією з небагатьох, басейн якої повністю знаходиться на території України (від витoku до гирла). До того ж, вона відіграє дуже важливу гос-

подарсько-рекреаційну роль у функціонуванні Причорноморського регіону: транспортна артерія, джерело питної води, продовольства та місце рекреації. Якщо подивитись на цей спектр екосистемних послуг у контексті глобальних змін клімату, переоцінити важливість Південного Бугу у соціально-економічному розвитку вододефіцитного півдня України досить складно.

У той же час, таке ємне місце у системі природокористування регіону [1] зумовлює надмірний антропогенний вплив на екосистему річки, результатом якого є тривале погіршення її стану, що особливо чітко проявляється у межений період (загалом, характерно для більшості українських річок [2, 3]). Погіршуються не тільки абіотичні гідрохімічні та гідрфізичні показники водного середовища, але і гідробіологічні, які відображають динаміку стану екосистеми протягом багатьох років.

З огляду на це та певну недооцінку державою Південного Бугу (на офіційному сайті Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України вкрай мало інформації про стан і проблеми річки), є нагальна практична потреба у дослідженні особливостей динаміки параметрів водного середовища у період межені, коли найбільш гостро простежується вплив антропогенних факторів на водну екосистему. Саме у цей період для більшості водокористувачів (люди, господарський комплекс, водна екосистема) характерним є дефіцит водного ресурсу, що зумовлює конфлікти ситуації [24].

Загалом, попередні дослідження Південного Бугу можна охарактеризувати як хронологічно та просторово розірвані, значною мірою відповідаючи тезі про те, що в будь-яких річках умови у верхній, середній та нижній течії можуть сильно відрізнятися [4]. При цьому, об'єктом дослідження виступала не екосистема ділянки басейну (річки), а її конкретний компонент: популяції тварин, флористичне видове різноманіття, конкретні види живих організмів чи аналіз гідрохімічних показників.

Так, мали місце дослідження верхньої течії річки Південний Буг на предмет якісного та кількісного складу фітопланктону [5], господарського освоєння [6], гідрологічного режиму середньої течії [7], та біоіндикаційні в цілому по руслу [8]. У джерелі [9] узагальнено сучасні негативні тенденції у функціонуванні водної екосистеми річки Південний Буг.

У [7, 10] було підкреслено проблему зарегулювання стоку річки, як одну із найбільш негативних впливових факторів на функціональну цілісність водної екосистеми. Вражаючим є досвід США, де експлуатація понад 50 тисяч водосховищ відрізала 79% річкової мережі від місць

впадіння (океани, озера) [26]. Автори підкреслюють, що фрагментація та зміна потоку внаслідок зарегулювання стоку, є найважливішими проблемами водних екосистем. Тому актуальним є дослідження та оцінки диференціального впливу дамб на річкові середовища існування. Разом ці ідеї є важливими для більш ефективного збереження потокових ресурсів та біотичних спільнот у всьому світі [26].

На фоні статистично доведених тенденцій зменшення стоку річки, у деяких наукових роботах встановлено деградацію показників видового різноманіття гідробіонтів у її нижній течії, зменшення показників продуктивності екосистеми, інтенсифікацію замулення, заростання і погіршення якості води [11, 12].

Так, підтвердженням цих явищ є рибопродуктивність (як результуючий показник функціонального стану екосистеми) Дніпро-Бузького лиману, яка за півстоліття зменшилась у 5-6 разів: з 20 тис. т на початку 50-х років ХХ століття до 3-4 тис. т у 2000-2019 роках [13].

Узагальнюючи масштаби гідрохімічного антропогенного впливу, треба відзначити, що у басейні річки впродовж 2015 року було зафіксовано 115 перевищень ГДК, у 2016 – 52, а у 2017 та 2018 роках даних не наводиться [14]. Проте, крім констатації факту, за цими даними важко визначити причини та збитки (шкоду) від такої дії на водну екосистему.

Не зважаючи на свою простоту, нормативний підхід не сформувався у загальноновизнаний практичний інструмент об'єктивної оцінки якості води. Адже багато розчинених у воді хімічних сполук на рівні ГДК визначаються досить трудно, дорого та неточно [29, 30], а існуюча на їх основі система не забезпечує надійного захисту водних об'єктів [31].

За визначенням Гелашвілі Д.Б. та Карандашової А. А. [32], концепція ГДК – найгірша природоохоронна парадигма, яку людство активно використовує на практиці. Тому цілком закономірно, що сучасний стан взаємовідносин людини і природи вже не може бути об'єктивно оцінений і врегульований нормативною концепцією.

Важливо зазначити іншу важливу проблему прикладного характеру – кількість постів спостережень за станом річки. Відповідно до даних Манукало В. О. [15], ситуацію можна охарактеризувати як недосконалу, бо на 1 гідрологічний пост припадає близько 2900 км² території басейну (замість 1875 км²). З огляду на це, безперечно, матимуть місце проблеми з пошуком оптимальної стратегії відновлення і збереження річки, якщо не володіти ситуацією щодо динаміки її гідрологічних, гідрохімічних, гідрфізичних та гідробіологічних параметрів.

У міжнародній практиці збалансованого водокористування наголошують на аналогічній проблемі. Зокрема Dutta V. та Sharma U., на фоні споживацького ставлення до прісноводних ресурсів річок, наголошують на актуальності розробки нових принципів оцінки стану водних екосистем та управління ними. Ці принципи повинні включати межі пружності природного капіталу та враховувати можливості сталого продукування екосистемних послуг, нижче яких системи починають деградувати [23].

На предмет цього, деякі автори наголошують, що відсутність екосистемних принципів підходів до оцінювання стану басейну річки обов'язково призведе до деградації стану екологічної системи та її дефрагментації [25, 26].

Відповідно до висновків [27], під час оцінювання стану річок необхідно досліджувати як стан берегів, так і параметри водного середовища, включаючи спостереження, які підтримують розуміння як фізичної структури середовища існування, так і причинно-наслідкових зв'язків.

Екка А. et al., за результатами аналізу 86 досліджень зробили висновок, що функціонування водної екосистеми і продукування екосистемних послуг залежать від ефективного функціонування біофізичних процесів, які тісно пов'язані з геоморфологічними, екологічними та гідрологічними характеристиками річкових ландшафтів [28].

З огляду на вище викладене, не викликає сумнівів твердження, що сучасна система природоохоронних стандартів, які зокрема, нормують якість водного середовища, не можуть забезпечити збереження екосистем річок, у тому числі Південного Бугу. Стан останньої тривалий час погіршується [11, 12]. Тому є нагальна практична необхідність виявлення джерел негативного антропогенного впливу та застосування альтернативних (нормативному) методів оцінювання та контролю екологічного стану річки.

Метою дослідження є оцінювання екологічного стану річки Південний Буг у період межені на основі стенобіонтного підходу. Для її досягнення передбачалося виконання наступних завдань:

- провести польові дослідження на річці Південний Буг у період літньої межені для оцінки екологічного стану водної екосистеми на основі стенобіонтного підходу;
- охарактеризувати особливості динаміки певних гідрфізичних та гідрохімічних показників;
- встановити причини та наслідки деградації екосистеми Південного Бугу;
- визначити шляхи вирішення екологічних проблем у басейні річки.

Методика досліджень. Просторове розташування точок дослідження зумовлене фактора-

ми, які можуть вносити зміни у видове біорізноманіття водної екосистеми – господарсько-побутові та промислові стоки з населених пунктів. Екстенсивне сільськогосподарське виробництво, безперечно, також має певний вплив на екологічний стан річки Південний Буг, однак цей фактор охарактеризувати набагато складніше з огляду на час та тривалість дії, місце, інтенсивність, ландшафт і особливості джерела збудження (природний або антропогенний генезис).

Вибір точок для дослідження екологічного стану річки здійснювався на основі методу рандомізації: попередньо ознайомившись із ландшафтом берегової лінії Південного Бугу, було обрано точки з однаковими умовами виходу до води – просіка в очереті для рибальства.

Збір даних про динаміку гідрохімічних та гідрфізичних параметрів водного середовища річки Південний Буг проводили наступними приладами:

- TDS-метр (TDS-3);
- TDS/EC/Temp метр НМ COM-100;
- рН-метр Ezodo 6011A.

Час проведення польових досліджень (кінець липня) був обраний з огляду на декілька факторів:

- 1) на річці встановився режим межені (визначальний фактор);
- 2) опадів у регіоні не було більше 50 днів;
- 3) у басейні річки типовим для цього часу є інтенсифікація водозабору та скидів.

Польові дослідження проводилися на 9 точках (рис. 1, табл. 1).

Початком гирла прийнято уявну лінію через Дніпро-Бузький лиман, яка сполучає с-ще Олександрівка Білозерського району Херсонської області та с. Дніпровське Очаківського району Миколаївської області. Саме від неї проводився відлік відстані точок дослідження на річці Південний Буг. Координати місць відбору проб зазначено у таблиці 1.

Вибір точок пояснюється близькістю населених пунктів: було поставлено завдання зафіксувати стан водної екосистеми до та після населеного пункту (униз за течією річки). Це дозволило ідентифікувати зони на річці, де, ймовірно, знаходиться джерело забруднення, яке спричиняє збіднення її видового різноманіття флори та фауни.

Воду з Південного Бугу відбирали у скляну ємність, яка у кожній точці тричі ополіскувалася річковою водою. Тільки після цього у досліджувану (четверту) пробу води занурювався електрод приладу.

Щодо визначення рівня екологічної безпеки ділянки басейну річки Південний Буг, було використано відповідний індекс [16], де найбільш ва-

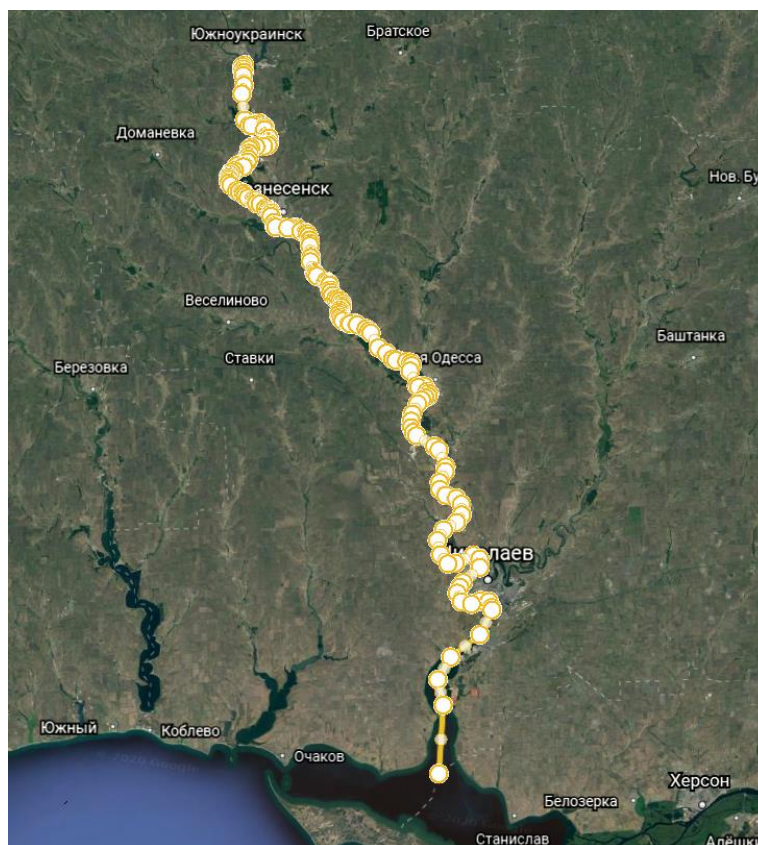


Рис. 1. Точки польових досліджень на річці Південний Буг

Таблиця 1

Географічні координати точок дослідження на р. Південний Буг

№ точки	Координати Google Maps	Координати географічні
1	47.807187, 31.178070	47°48'25.9"N 31°10'41.1"E
2	47.699755, 31.253728	47°41'59.1"N 31°15'13.4"E
3	47.531362, 31.401185	47°31'52.9"N 31°24'04.3"E
4	47.377245, 31.600865	47°22'38.1"N 31°36'03.1"E
5	47.100083, 31.907720	47°06'00.3"N 31°54'27.8"E
6	47.023655, 31.950325	47°01'25.2"N 31°57'01.2"E
7	46.955617, 31.936641	46°57'20.2"N 31°56'11.9"E
8	46.929338, 32.024179	46°55'45.6"N 32°01'27.0"E
9	46.748796, 31.936450	46°44'55.7"N 31°56'11.2"E

гомими факторами є стенобіонти водного середовища (аналогічні ідеї знаходимо у [17]). До останніх ми відносимо веснянок (*Plecoptera*), однорядок (*Ephemeroptera*), волохокрильців (*Trichoptera*), віскокрилок (*Megaloptera*) та бокоплавів (*Amphipoda*). Усі перелічені організми характеризуються широким ареалом розповсюдження [18], їх життєвий цикл передбачає осілий спосіб життя [18, 19], використання їх індикаторних властивостей є економічно вигідним і практично доступним [18, 20], вони займають вагоме місце у трофічному ланцюзі [21] та чутливі до наявності забруднюючих речовин у воді [19].

Зазначимо, що завдання дослідження стояло у пошуку та ідентифікації видів (на рівні родин),

а не збір їх морфометричних показників, чи параметрів, які характеризують популяцію того чи іншого виду (чисельність, біомаса).

Відповідно до обраної методики, програма польових досліджень була спроектована таким чином, щоб оцінити якість водного середовища до та після населених пунктів, які розташовуються вздовж річки за її течією. Загальна довжина маршруту склала трохи більше 200 км по руслу річки. На його проходження було витрачено 3 доби (29-31 липня 2020 року).

Важливо зазначити, що погодні умови були більш-менш однакові: у період досліджень переважали північний та північно-східних вітри, температура води була не нижче 24°C (середньо-

бова температура повітря була на рівні 29°C). Таким чином, вплив морських вод на річку був мінімальним.

Результати дослідження

За результатами проходження затвердженого маршруту було отримано наступні результати (табл. 2).

На основі зібраних даних було формалізовано закономірності просторової динаміки гідрохімічних та гідрофізичних показників водного середовища річки Південний Буг. Зокрема, вста-

новлено, що динаміка рН водного середовища добре характеризується лінійною функцією (рис. 2) і чим ближче до гирла, тим більше баланс зміщується у лужну зону.

Як відомо, більшість гідробіонтів можуть нормально функціонувати при рН в діапазоні від 5 до 9. Проте, оцінюючи значення рН, необхідно враховувати вплив цього показника на речовини, токсичність яких залежить від рН (наприклад, сполуки амонію і сірки). Під час «цвітіння» води рН, зазвичай, зміщується в лужну сторону, дося-

Таблиця 2

Гідрофізичні та гідрохімічні дані моніторингу вод річки Південний Буг

Точка	Відстань від гирла, км	рН	TDS, г/л	TDS (442), г/л	ЕС, мС
1	201,7	7,75	0,42	0,48	0,71
2	185,3	7,81	0,44	0,49	0,722
3	148,6	8,15	0,495	0,547	0,787
4	122,4	8	0,515	0,56	0,82
5	74,6	8,62	1,94	1,74	2,42
6	55	8,25	14,51	6,63	7,74
7	46,5	8,26	14,81	6,75	8,03
8	36,5	8,66	14,41	6,59	8,25
9	13,4	8,77	15,23	6,92	8,44

гаючи 8-9 одиниць і вище. У цьому випадку небезпеку для гідробіонтів представляє вільний аміак, в який переходять іони амонію в наслідок збільшення рН. В умовах, коли рН води становить менше 8 – амонійний азот у воді знаходиться у формі амонію, а коли рН становить понад 11 – у формі аміаку. У межах рН 8-11 – зустрічаються як амоній, так і аміак.

Аміак і солі амонію з'являються у воді в результаті розкладання органічної речовини, скидання у водоймище господарсько-фекальних стоків, потрапляння добрив. Амонійний азот, наприклад, виділяється рибами в воду як кінцевий продукт метаболізму азотвмісних речовин. Іони амонію (NH_4^+), що цілком закономірно, для риб менш токсичні, ніж вільний аміак (NH_3).

Як видно на рис. 2, значення кислотно-лужного балансу водного середовища у гирлі Південного Бугу близькі до максимально можливих у меженний період.

Частково, отриману закономірність можна також пояснити впливом вод з гирла Дніпра та Чорного моря (рис. 3) [13], що зумовлює збільшення концентрації органічних речовин у воді, у тому числі за рахунок більш інтенсивних процесів фотосинтезу.

Власне, на рис. 3 добре видно, що дія високо мінералізованих морських вод досягає відстані близько 100 кілометрів від гирла (м. Нова Одеса). Однак вище по руслу, за м. Нова Одеса, по-

казники солоності знаходяться на характерному для прісноводної річки рівні.

Це явище зумовлено декількома факторами: зменшенням кількості опадів у літній період та, головним чином, частою відсутністю стоку нижче Олександрівського водосховища (рис. 4) – однієї з найбільших техногенних проблем у регіоні, на думку авторів.

Як наслідок, це впливає на закономірності динаміки гідрохімічних, гідрофізичних та гідробіологічних параметрів водного середовища униз за течією, що підтверджується міжнародним досвідом [25, 26]. Зазначимо також, що уся підводна рослинність і каміння у нижньому б'єфі були вкриті рясним шаром зважених твердих часток, що, ймовірно, і впливає на кількість стенобіонтів (регулярне замулення води під час скидів води з водосховища).

Крім цього, було побудовано модель взаємозалежності показників мінералізації та електропровідності водного середовища (рис. 5).

Найбільшу увагу дослідження було приділено пошуку стенобіонтів: веснянок, одnodенок, волохокрильців, віслокрилок та бокоплавів. Результати наведені у таблиці 3.

Необхідно зазначити, що лише на першій точці у момент відбору проб води спостерігалися великі стайки малька риб, тоді як із просуванням униз по руслу, молоді риб було або небагато (2, 4, 5), або вона взагалі не спостерігалася (3, 6, 7,

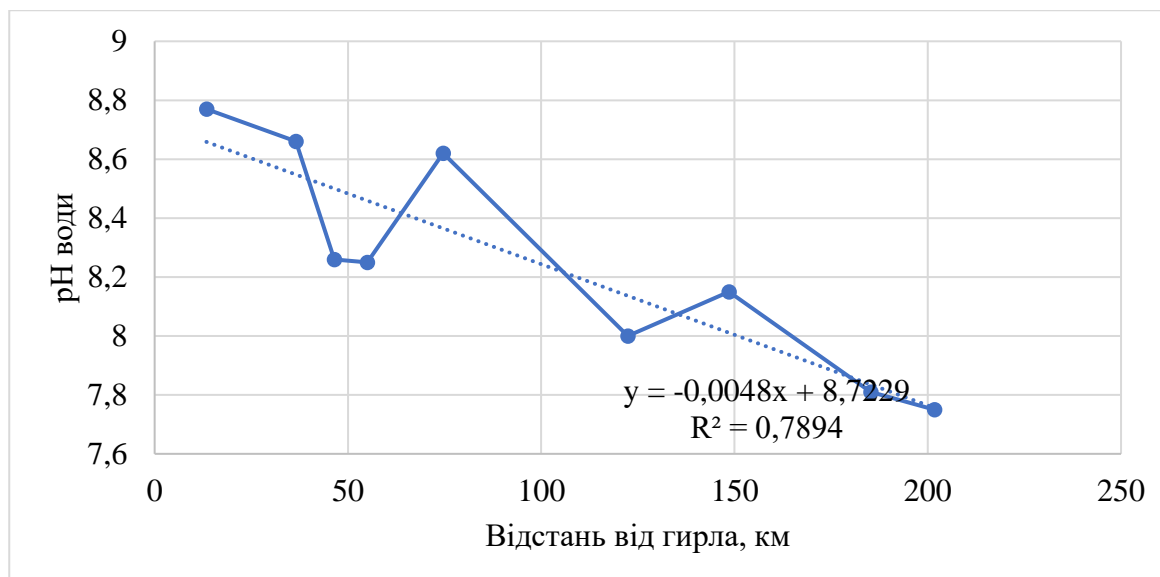


Рис. 2. Динаміка рН водного середовища уверх за течією р. Південний Буг

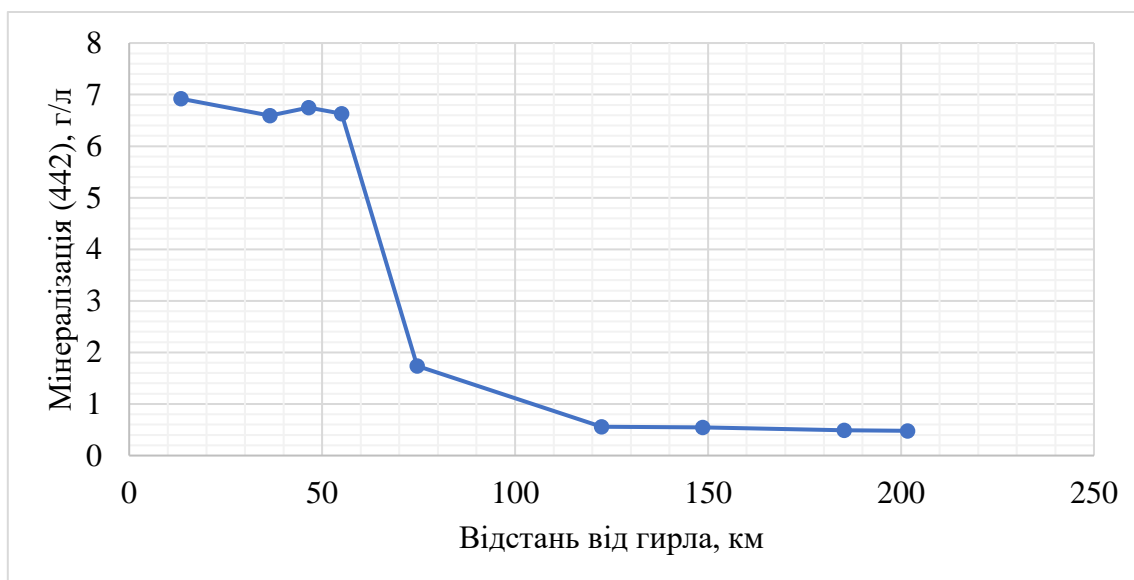


Рис. 3. Динаміка показника солоності води уверх за течією р. Південний Буг



Рис. 4. На Олександрівській ГЕС відсутній санітарний попуск (29.07.2020)

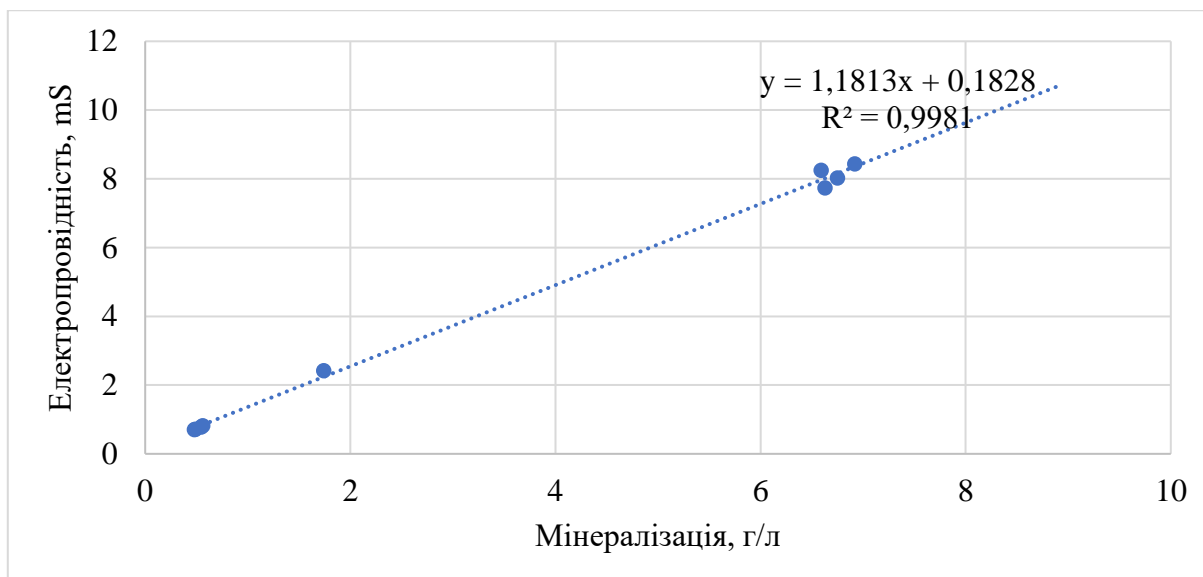


Рис. 5. Модель взаємозв'язку електропровідності води від розчинених у ній солей

Таблиця 3

Результати ідентифікації стенобіонтів у водному середовищі річки Південний Буг

№ точки	Веснянки (Plesoptera)	Одноденки (Ephemeroptera)	Волохокрильці (Trichoptera)	Віслокрилки (Megaloptera)	Бокоплав (Amphipoda)	$\sum k_i$	ІЕБ _T
1	+	+	+	+	+	0	1,00
2					+	4	0,20
3	-					5	0,17
4		+				4	0,20
5		+			+	3	0,25
6	-					5	0,17
7	-				+	4	0,20
8					+	4	0,20
9					+	4	0,20

8, 9). Цікаво також і те, що у нижньому б'єфі Олександрівського водосховища (за 185 км від гирла) у стоячій воді було помічено багато особин іглиці пухлошокої (*Syngnathus abaster*) – характерного евригалінного чорноморського виду.

Щодо стану водної рослинності, то чим далі від гирла, тим вона була більш «вегетаційно здоровою» та різноманітною.

Щодо оцінювання рівня екологічної безпеки у точках проведення польових досліджень, то вона проводилася за формулою (1) визначення індексу екологічної безпеки (токсикологічний аспект) [22]:

$$\text{ІЕБ}_T = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n k_i} \quad (1)$$

Важливо підкреслити, що наведені результати оцінки репрезентують сталість умов водного середовища протягом тривалого періоду часу. Тому завдання дослідження стояло у пошуку та ідентифікації видів, а не збір їх морфометричних показників, чи параметрів, які характеризують популяцію (чисельність виду, біомаса).

Виходячи з вище викладеного, динаміка значень індексу екологічної безпеки (токсикологічного) (ІЕБ_T) характеризується експоненціальною закономірністю (рис. 6).

Важливо зазначити, що знаходження стенобіонтів на точках 2-9 було досить трудомістким. І лише на першій точці – їх пошук був швидким і легким.

На основі інтерпретації результатів стенобіоіндикації середовища, досліджувану екосистему можна розділити на три зони (рис. 7): синю – високої якості («здорову»), жовту – стресу, та червону – песимуму (сильного пригнічення). У жовтій зоні планується здійснити додаткові хімічні, фізичні та біологічні дослідження для ідентифікації та уточнення причин деградації водної

екосистеми.

Загалом, наведене зонування закономірно підтверджує отримані результати щодо динаміки рН та мінералізації.

При цьому, з огляду на використання саме макрозообентосу для характеристики екологічного стану річки Південний Буг, можна стверджувати про сталість зафіксованих умов водного

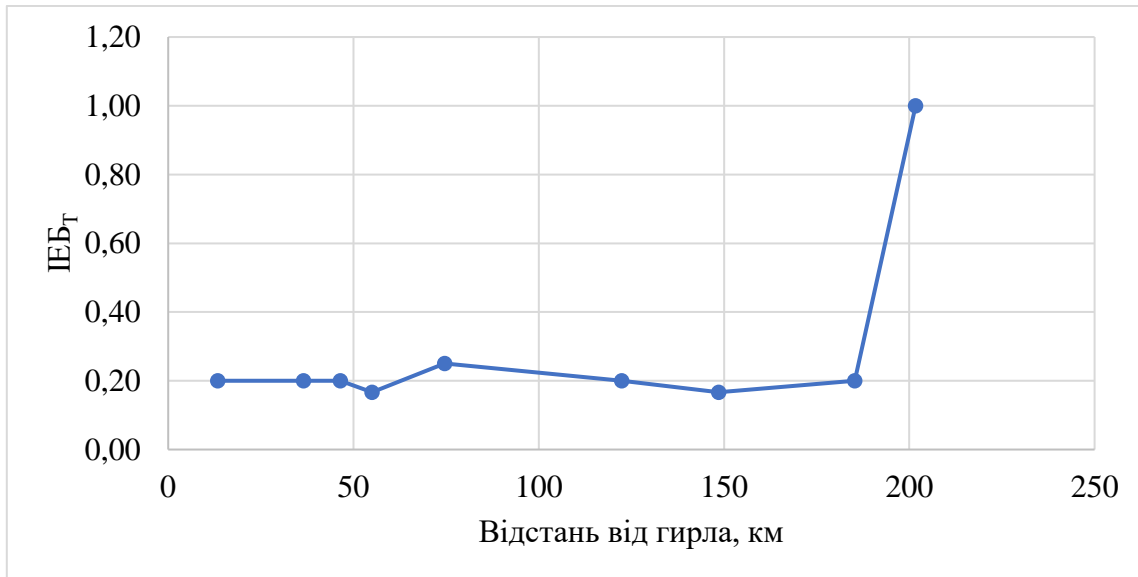


Рис. 6. Динаміка значень індексу екологічної безпеки на р. Південний Буг

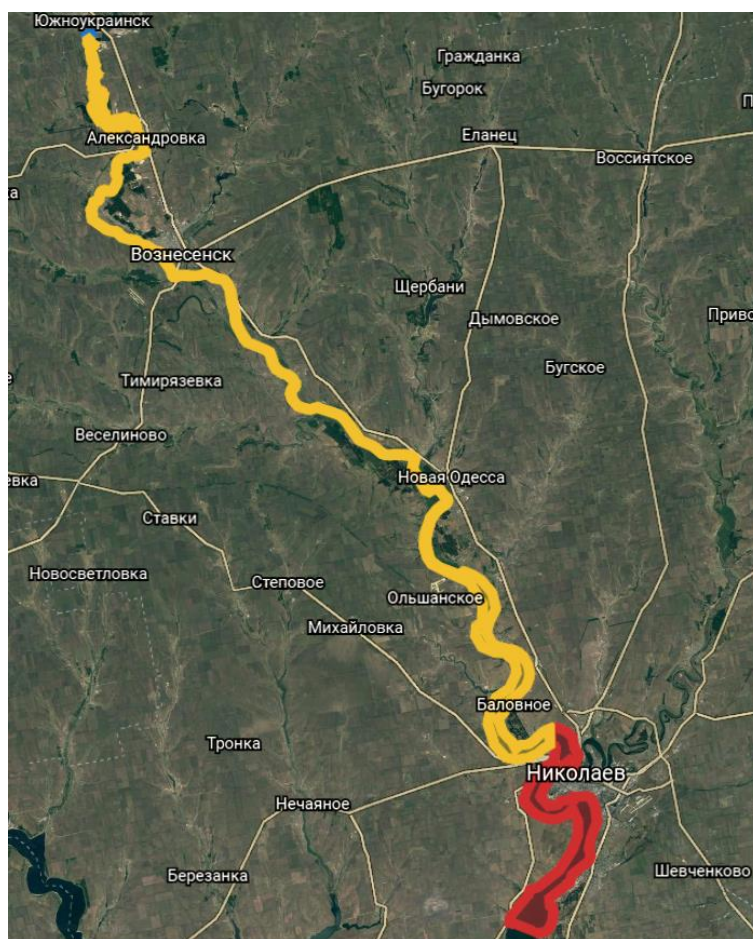


Рис. 7. Зонування річки Південний Буг відповідно до стенобіонтної індикації водного середовища

середовища протягом тривалого періоду часу. Отримані результати дозволяють сформулювати уявлення про потенційні ділянки русла з джерелами дифузного та стаціонарного забруднення у нижній течії річки. Крім цього, підтверджується гіпотеза про те, що Олександрівське водосховище є потужним фактором впливу на якість водних ресурсів униз за течією.

Загалом, враховуючи важливість гирлових ділянок рівнинних річок у якості місць інтенсивного продукування первинної та вторинної продуктивності екосистеми, отримані результати дозволяють стверджувати про те, що сучасна екологічна ситуація зумовлює пригнічення цих процесів, деградацію біомаси та видового різноманіття.

Крім цього, зауважимо, що немає системності у просторовій організації моніторингу за екологічним станом Південного Бугу та на більшості річок України. Наприклад, відстань між найближчими стаціонарними гідрологічними постами спостережень по руслу Південного Бугу складає більше 120 км між м. Гайворон та м. Первомайськ, та близько 50 км між містами м. Миколаїв – м. Нова Одеса – м. Вознесенськ. Фактично, ніхто не знає, що відбувається на річці на ділянках між постами. Тому, справедливо вважати, що ефективне та збалансоване водокористування неможливе без скоординованої розгалуженої системи екологічного моніторингу: розв'язати накопичені проблеми у басейні можна лише знаючи причини їх утворення, а не шляхом боротьби з наслідками.

Висновки

За результатами проведення польових досліджень та аналізу їх результатів встановлено наступне:

1) за індексом екологічної безпеки (стенбіонтний підхід) досліджувану ділянку водної екосистеми розділено на три зони якості, з яких на високу якість («здорова» екосистема) припадає лише 1% дослідженої ділянки русла. Найбільша частка (близько 80%) припадає на зону стресу, що характеризує водну екосистему як збіднену та сильно антропогенно навантажену. Загалом, екологічний стан нижньої течії річки Південний

Буг можна оцінити як незадовільний, техногенно перевантажений;

2) встановлено закономірності динаміки деяких гідрохімічних та гідрофізичних показників водної екосистеми: рН, мінералізація, електропровідність. Зокрема виявлено, що солоні води Чорного моря піднімаються уверх по руслу на відстань до 100 км, впливаючи на особливості просторового розподілу біологічних видів та їх чисельності у річці. Кислотно-лужний баланс води характеризується лінійною закономірністю: з наближенням до гирла, значення збільшуються до 8,8 одиниць;

3) Південний Буг, як і інші річки України, потребує вдосконалення існуючої системи екологічного моніторингу, що забезпечить ефективність та збалансованість басейнового підходу до управління її екосистемними послугами.

Отримані результати вважаємо невід'ємною складовою майбутніх польових досліджень щодо ідентифікації джерел негативного впливу на водну екосистему Південного Бугу, визначення сили дії цих факторів та оцінювання об'єму екосистемних послуг, потік яких нівелюється незбалансованим природокористуванням у басейні річки.

Новизна проведеної роботи і отриманих результатів полягає в одержанні комплексної оцінки екологічного стану екосистеми річки у період межені, яка, на відміну від концепції ГДК, характеризує стан Південного Бугу не точково, а враховує кумулятивні та синергетичні ефекти антропогенного впливу на нього. Останні найкраще проявляються у період літньої межені, внаслідок чого суттєво змінюється структура та біомаса харчового ланцюга річки.

Відтак, практичне значення проведеного дослідження полягає не тільки у необхідності розроблення нових методів ідентифікації джерел забруднення та ліквідації причин деградації водної екосистеми, але й дозволяє зробити важливий методологічний висновок про неспроможність нормативної концепції нормування антропогенного навантаження на довкілля об'єктивно відображати реальний екологічний стан екосистем та збалансовано управляти потоком екосистемних послуг.

Література

1. Ухань О. О. Типізація поверхневих вод басейну Південного Бугу за вмістом головних іонів, біогенних елементів, органічних речовин та розчиненого кисню [Текст] / О.О. Ухань, В. І. Осадчий, Ю. Б. Набиванець, Н. М. Осадча, Д. В. Глотка // *Наукові праці УкрНДГМІ*, 2015. – Вип. 267. – С. 46-56. – Режим доступу: https://uhmi.org.ua/pub/np/267/Ukhan_Osadchy_Yu_Nabyvaniets_Osadcha_Glotka_257.pdf
2. Нестерова О. В. Проблеми басейнів малих річок [Текст] / О. В. Нестерова, В. В. Шарков, О. А. Журавльова, Я. С. Нестеров // *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 2019. – №5(257-258). – С.67-74. – Режим доступу: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.68.524>
3. Удод В. М. Дослідження причин та наслідків трансформації техногенно змінених водних систем [Текст] / В. М. Удод, С. М. Маджед, Я. І. Кулинич // *Наукові праці: наук. журнал Чорном. нац.ун-т ім. Петра Могили*,

2017. – Т. 289. Вип. 277. – С. 10–17. – Режим доступу: <https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/32104/1/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D1%97%D0%B20001.pdf>
4. Алимов А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем [Текст] / А.Ф. Алимов. – СПб.: Наука, 2000. – 147 с.
 5. Белоус Е. П. Таксономическая структура фитопланктона верхнего участка реки Южный Буг (Украина) [Текст] / Е. П. Белоус // Альгология, 2012. – Т. 22, №4. – С. 393-401. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/64238>
 6. Мудрак О. В. Історія господарського освоєння поверхневих водойм Вінниччини [Текст] / О. В. Мудрак, С. В. Рябоконь // Збірник наукових праць ВНАУ. Екологія, 2011. – №7(47). – С. 107-112. – Режим доступу: <http://81.30.162.23/repository/getfile.php/3721.pdf>
 7. Жолуденко О. О. Вивчення багаторічної динаміки змін показників рідкого та твердого стоку р. Південний Буг в зоні впливу Ташилицької ГАЕС та Олександрівського водосховища [Текст] / О. О. Жолуденко // Зб. наук. праць «Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист», 2014. – №6. – С. 132-138. – Режим доступу: <http://tes.igns.gov.ua/materials/6n/Zholudenko.pdf>
 8. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної амкової Директиви Р ЄС [Текст] / за ред. С.О. Афанасьєва. – Київ, 2012. – 28 с.
 9. Щербуха А.Я. Іхтіофауна України у ретроспективі та сучасні проблеми збереження її різноманіття [Текст] / А. Я. Щербуха // Вісник зоології, 2004. – №38(3). – С. 3-18. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/3265/01-scherbuha%20.pdf?sequence=1>
 10. Бойченко С. Г. та ін. Тенденції зміни стоку Південного Бугу – вплив кліматичних факторів та зарегулювання [Текст] / С. Г. Бойченко, Р. Б. Гаврилюк, С. А. Савченко, В. В. Шаравара, Я. І. Мовчан, В. П. Мельничук // Матеріали V Наукових читань пам'яті Сергія Таращука: м. Миколаїв, 21 квітня 2017 року. Серія: «Conservation Biology in Ukraine». – К.: LAT&K, 2017. – Вип. 3. – С. 17-19. – Режим доступу: http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/12921/Boichenko_Tendentsii_zminy_stoku_Pivdennoho_Bu_hu_vplyv_klimatichnykh_faktoriv_ta_zarehuliuвання.pdf?sequence=3&isAllowed=y
 11. Bezsonov Y. Influence of the South-Ukraine electric power producing complex on the ecological condition of the Southern Bug River [Текст] / Ye. Bezsonov, O. Mitryasova, V. Smyrnov, S. Smyrnova // Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 2017. – №4(10). – P. 20-28. – Режим доступу: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108322>
 12. Магась Н. І. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг [Текст] / Н. І. Магась, А. Г. Трохименко // Екологічна безпека, 2013. – №2(13). – С. 48-52. – Режим доступу: [http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2013_2\(16\)/Pdf/48.pdf](http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2013_2(16)/Pdf/48.pdf)
 13. Днепроовско-Бугская эстуарная экосистема [Текст] / В. Н. Жукинский, Л. А. Журавлева Л. А., А. И. Иванов и др.; Отв. ред. Зайцев Ю. П.; АН УССР, Ин-т гидробиологии. – Киев: Наукова думка, 1989. – 240 с.
 14. Регіональна доповідь [Текст]. – Режим доступу: <http://ecolog.mk.gov.ua/ua/ecoreports/regonalreport/>
 15. Манукало В. О. Мережа гідрологічних спостережень у басейні річки Південний Буг: історія розвитку, сучасний стан та можливості [Текст] / В. О. Манукало // Наук. праці УкрНДГМІ, 2012. – Вип. 263. – С. 165-181. – Режим доступу: https://uhmi.org.ua/pub/np/263/Manukalo_263.pdf
 16. Безсонов Є. М. Визначення рівня екологічної безпеки регіону методом токсико-енергетичного відгуку біотичних компонентів водних екосистем [Текст] / Є. М. Безсонов / Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». – Національний університет «Львівська політехніка», 2018. – Режим доступу: https://lpnu.ua/sites/default/files/dissertation/2018/9253/dis_bezsonov.pdf
 17. Алимов А. Ф. Стабильность и устойчивость водных экосистемы [Текст] / А. Ф. Алимов // Гидробиологический журнал, 2017. – Т.53, №1. – С. 3–15.
 18. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: учебно-методическое пособие [Текст] / А. Г. Бубнов и др.; под общ. ред. В. И. Гриневича. – Иваново: ГОУ ВПО Иван. хим.-технол. ун-т, 2007. – 112 с.
 19. Aquatic Benthic Macroinvertebrates As Water Quality Indicators [Текст]. – Режим доступу: <https://www.wpwa.org/documents/education/Biological%20sampling.pdf>
 20. Хиженяк М. І. Методологія вивчення угруповань водних організмів: навчальний посібник [Текст] / М. І. Хиженяк, М. Ю. Євтушенко. – Київ: Український фітосоціологічний центр, 2014. – 269 с.
 21. Bouchard R. W., Jr. Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest [Текст] / R. W. Bouchard Jr. – Water Resources Center, University of Minnesota, 2004. – 208 pp. – Режим доступу: <https://dep.wv.gov/WWE/getinvolved/sos/Documents/Benthic/UMW/Ephemeroptera.pdf>
 22. Патент на корисну модель України №128240 (и 2018 02794) від 10.09.2018. Спосіб токсико-енергетичного оцінювання екологічного стану поверхневих водних екосистем [Текст]. – Режим доступу: <https://base.uipv.org/searchinv/search.php?action=viewdetails&IdClaim=250827&chapter=biblio>
 23. Dutta V. Assessment of River Ecosystems and Environmental Flows: Role of Flow Regimes and Physical Habitat Variables [Текст] / V. Dutta, U. Sharma // Climate Change and Environmental Sustainability, 2017. – №5(1). – P. 20-34. DOI: <https://doi.org/10.5958/2320-642X.2017.00002.3m>. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/318480514_Assessment_of_River_Ecosystems_and_Environmental_Flows_Role_of_Flow_Regimes_and_Physical_Habitat_Variables

24. Jordà-Capdevila D. A five-step assessment of river ecosystem services to inform conflictive water-flows management – the Ter River case [Текст] / D. Jordà-Capdevila, B. Rodríguez-Labajos, M. Bardina // *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement*, 2016. – Режим доступу: <http://journals.openedition.org/vertigo/17462>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.17462>
25. Kuemmerlen M. Ecological assessment of river networks: From reach to catchment scale [Текст] / M. Kuemmerlen, P. Reichert, R. Siber, N. Schuwirth // *Science of The Total Environment*, 2019. – №650(1). – P. 1613-1627. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.019>
26. Cooper A. R. Assessment of dam effects on streams and fish assemblages of the conterminous USA [Текст] / A. R. Cooper, D. M. Infante, W. M. Daniel, K. E. Wehrly, L. Wang, O. T. Brenden // *Science of The Total Environment*, 2017. – №586. – P. 879-889. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.067>
27. Gurnell A. M. Assessing river condition: A multiscale approach designed for operational application in the context of biodiversity net gain [Текст] / A. M. Gurnell, S. J. Scott, J. England, D. Gurnell, R. Jeffries, L. Shuker, G. Whar-ton // *River Research and Application*, 2020. – №36(8). – P. 1559-1578. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1002/rra.3673>
28. Ekka A. Anthropogenic Modifications and River Ecosystem Services: A Landscape Perspective [Текст] / A. Ekka, S. Pande, Y. Jiang, P. van der Zaag // *Water*, 2020. – №12. – P. 2706. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/w12102706>
29. Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник [Текст] / В. І. Мальцев, Г. О. Карпова, Л. М. Зуб. – К.: Національний центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України; Недержавна наукова установа Інститут екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. – 112 с.
30. Толочик І. Л. Екологічний стан р. Стир в умовах антропогенного навантаження у межах Рівненської області [Текст] / І. Л. Толочик / Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 «Екологія». – Рівненський державний гуманітарний університет. Інститут екології Карпат НАН України, Львів, 2018. – Режим доступу: <http://ecoinst.org.ua/pdf/d12.pdf>
31. Мельник В. Й. Екологічні нормативи якості води річок в межах Рівненської області: монографія [Текст] / В. Й. Мельник. – Рівне: О. Зень, 2015. – 290 с.
32. Гелашивили Д. Б. Принципы экологического нормирования антропогенной нагрузки на лотические экосистемы по показателям макрозообентоса [Текст] / Д. Б. Гелашивили, А. А. Карандашова // *Изв. Самар. Науч. центра РАН*, 2002. – Т. 2, №4. – С. 252-254. – Режим доступу: http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A3/Gela_norm.htm

Надійшла до редакції 6 листопада 2020 р.

Прийнята 27 січня 2021 р.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

UDC 502.057

Yevhen Bezsonov,

PhD, Senior Lecturer, Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University,
10 68 Desantnykiv St., Mykolaiv, 54003, Ukraine,

e-mail: evgbess45@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5745-3121>;

Diana Krysinaka,

Lecturer, Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University,

e-mail: silfida13@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3117-6039>;

Rodion Rossol,

PhD student, Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University

e-mail: bristleback32@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7203-4141>

FEATURES OF DYNAMICS OF THE SOUTHERN BUH RIVER AQUATIC ENVIRONMENT PARAMETERS DURING THE SUMMER LOW-WATER PERIOD

Formulation of the problem. Global climate change causes transformation in the humidification regime and, as a result, makes adjustments to economic activities and features of water use. In the context of Ukraine, against the background of climate change, the runoff of most domestic rivers is declining, which especially in the limited period exacerbates the issue of balanced use of ecosystem services of aquatic ecosystems and prioritization of needs during resource allocation, control of rivers and establishment of their functioning.

The purpose of the article. Recognizing the strategic importance of freshwater ecosystems in ensuring sustainable regional and national development, the study of the Southern Bug River was aimed at assessing

its ecological status in order to identify sources of negative anthropogenic impact and identify general ecosystem distortions that may affect the functional integrity of the aquatic ecosystem.

Methods. The research points on the Southern Bug River were determined by the method of randomization. The total length of the route was about 200 km. Also, the spatial location of settlements was taken into account, so that the investigated points were both upstream and downstream. Measurement of physicochemical parameters was performed by instruments: TDS-3, TDS/EC/Temp-meter HM COM-100, pH-meter Ezo-do 6011A. The task of hydrobiological research was to find and identify species at the family level. The research was conducted at the end of July 2020, when the river entered to low flow phase.

Results. On the basis of field research, the assessment of the ecological state of the Southern Bug River in the lower course (from the city of Pivdenoukrainsk) was carried out in the work. Regularities of pH dynamics and mineralization of the aquatic environment are established. The limits of the spatial influence of the Black Sea waters on the Southern Bug, the continental advance of which (upstream) almost 100 km up is due to the high level of regulation of basin runoff, have been specified. The same processes, as a consequence, affect not only biodiversity, but also the features of industrial and domestic water use. Using the stenobiotic approach, the level of ecological safety of the Southern Bug ecosystem in the lower course was assessed. Based on the obtained results of stenobioindication, the zoning of the studied area of the Southern Bug is proposed, which compares quite well with the results of pH and mineralization measurements. Only 1% of the route, which corresponds to the porous section of the river channel, was classified as a "healthy ecosystem". The closer to the mouth, the pH of the water gradually increases, which contributes to the intensification of the eutrophication process.

Scientific novelty and practical significance. The obtained results are considered to be an integral part of future field research on the identification of sources of negative impact on the aquatic ecosystem of the Southern Bug.

The novelty of the results obtained is a comprehensive assessment of the ecological state of the river ecosystem in the low flow period, which, in contrast to the concept of maximum permissible concentration, characterizes the state of the Southern Bug not point, but takes into account the cumulative and synergistic effects of anthropogenic impact. The latter are best manifested during the summer season, as a result of which the structure and biomass of the river's food chain change significantly.

In addition, the analysis of the rational use of water resources of rivers allowed us to state that the modern system of environmental standards, which in particular regulate the quality of the aquatic environment, cannot ensure the preservation of river ecosystems.

Keywords: Southern Bug River ecosystem, summer low-water period, ecological status assessment, stenobiotic approach.

References

1. Ukhan, O.O., Osadchyi, V.I., Nabyvanets, Yu.B., Osadcha, N.M., Hlotka, D.V. (2015). *Typizatsiia poverkhnevyykh vod baseinu Pivdennoho Buhu za vmistom holovnykh ioniv, biohennykh elementiv, orhanichnykh rehovyn ta rozchynenoho kysniu* [Typification of surface waters of the Southern Bug river basin by the content of major ions, nutrients, organic matter and dissolved oxygen]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI - Scientific works of Ukrainian Hydrometeorological Institute*, 267, 46-56. Available at: https://uhmi.org.ua/pub/np/267/Ukhan_Osadchy_Yu_Nabyvaniets_Osadcha_Glotka_257.pdf [in Ukrainian]
2. Nesterova, O.V. Sharkov, V.V. Zhuravlova, O.A Nesterov, Ya.S. (2019). *Problemy baseiniv malykh richok* [Problems of small river basins]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury - Bulletin of the Dnieper State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 5, 257-258 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.68.524>
3. Udod, V.M. Madzhd, S.M. Kulynych, Ya.I. (2017). *Doslidzhennia prychnyn ta naslidkiv transformatsii tekhnogenno zminenykh vydneykh system* [Investigation of the causes and consequences of the transformation of technogenic modified visible systems]. *Naukovi pratsi: nauk. zhurnal Chornom. nats. un-t im. Petra Mohyly - Scientific works: science magazine of Petro Mohyla Black Sea National University*, 289, 277, 10-17 [in Ukrainian]. <https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/32104/1/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D1%97%D0%B20001.pdf>
4. Alimov, A.F. (2000). *Elementy teorii funktsionirovaniya vodnykh ekosistem* [Elements of the theory of the functioning of aquatic ecosystems.]. SPb.: Nauka [in Russian].
5. Belous, E.P. (2012). *Taksonomicheskaya struktura fitoplanktona verhnego uchastka reki Yuzhnyy Bug (Ukrayina)* [Taxonomic structure of phytoplankton in the upper section of the Southern Bug River (Ukraine)]. *Algologiya*, 22, 4, 393-401 [in Russian]. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/64238>
6. Mudrak, O.V. Riabokon, S.V. (2011). *Istoriia hospodarskoho osvoiennia poverkhnevyykh vodoim Vinnychchyny* [History of economic development of surface water bodies of Vinnytsia region]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Ekologhiia - Collection of scientific works of VNAU. Ecology*, 7(47), 107-112 [in Ukrainian].

7. Zholudenko, O.O. Vyvchennia bahatorichnoi dynamiky zmin pokaznykiv ridkoho ta tverdoho stoku r. Pivdennoi Buh v zoni vplyvu Tashlytskoi HAES ta Oleksandrivskoho vodoshkovyshcha [Study of long-term dynamics of changes in liquid and solid runoff of the Southern Bug River in the zone of influence of Tashlyk PSP and Oleksandrivka Reservoir]. *Zb. nauk. prats Tekhnohenko-ekolohichna bezpeka ta tsyvilnyi zakhyst*. Collection of scientific works "Technogenic and ecological safety and civil protection", 6, 132-138. Available at: <http://tes.igns.gov.ua/materials/6n/Zholudenko.pdf> [in Ukrainian]
8. Afanasieva, S.O. (2012). Otsinka ekolohichnoho stanu richky Pivdennoi Buh u vidpovidnosti do vymoh Vodnoi ramkovoї Dyrektyvy R YeS [Assessment of the ecological status of the Southern Bug River in accordance with the requirements of the EU Water Framework Directive] Kyiv, 28 [in Ukrainian].
9. Shcherbukha, A. Ya. (2004). Ikhtiofauna Ukrainy u retrospekti ta suchasni problemy zberezhenia yii riznomanittia [Ichthyofauna of Ukraine in retrospect and modern problems of preserving its diversity]. *Visnyk zoolohii – Bulletin of Zoology*, 38(3) 3-18. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/3265/01-scherbuha%20.pdf?sequence=1> [in Ukrainian].
10. Boichenko, S.H. et al. (2017). Tendentsii zminy stoku Pivdennoho Buhu – vplyv klimatychnykh faktoriv ta zarehulivannia [Trends in the runoff of the Southern Bug - the influence of climatic factors and over-regulation]. *Materialy V Naukovykh chytan pamiati Serhiia Tarashchuka, Seria: "Conservation Biology in Ukraine". Materials of the V Scientific Readings in Memory of Serhiy Tarashchuk Series: "Conservation Biology in Ukraine"*, 3, 17-19 http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/12921/Boichenko_Tendentsii_zminy_stoku_Pivdennoho_Buhu_vplyv_klimatychnykh_faktoriv_ta_zarehulivannia.pdf?sequence=3&isAllowed=y [in Ukrainian].
11. Bezsonov, Ye. Mitryasova, O. Smyrnov, V. Smyrnova, S. (2017). Influence of the South-Ukraine electric power producing complex on the ecological condition of the Southern Bug River. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 4(10-88), 20-28. Available at: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108322> [in English]
12. Mahas, N.I. & Trokhymenko, A.G. (2014). Otsinka suchasnoho antropohennoho navantazhennia na basein richky Pivdennoi Buh [Assessment of modern anthropogenic load on the Southern Bug river basin]. *Ekolohichna bezpeka – Journal of Technical Sciences*, 2 (13), 48-52. Available at: [http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2013_2\(16\)/Pdf/48.pdf](http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2013_2(16)/Pdf/48.pdf) [in Ukrainian]
13. Zhukinskiy, V.N. et al. (1989). Dneprovsko-Bugskaya estuarnaya ekosistema [Dnieper-Bug estuary ecosystem], (Ed(s) Zaytsev, Yu.P.). Kiev: Naukova dumka [in Russian]
14. Rehionalna dopovid. [Regional report]. Available at: <http://ecolog.mk.gov.ua/ua/ecoreports/regonalreport/> [in Ukrainian]
15. Manukalo, V.O. (2012). Merezha hidrolohichnykh sposterezhen u baseini richky Pivdennoi Buh: istoriia rozvytku, suchasnyi stan ta mozhyvosti [Network of hydrological observations in the Southern Bug river basin: history of development, modern condition and opportunities]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI. Scientific works of Ukrainian Hydrometeorological Institute*, 263, 165-181 [in Ukrainian]. Available at: https://uhmi.org.ua/pub/np/263/Manukalo_263.pdf [in Ukrainian]
16. Bezsonov, Ye.M. (2018). Vyznachennia rivnia ekolohichnoi bezpeky rehionu metodom toksyko-enerhetychnoho vidhuku biotychnykh komponentiv vodnykh ekosystem: Dysertatsiia na zdobuttia naukovoho stupenia kandydata tekhnichnykh nauk za spetsialnistiu 21.06.01 «Ekolohichna bezpeka» [Determination of the region ecological safety level by the method of toxic-energy response of the water ecosystem biotic components: Dissertation for the degree of Ph.D., specialty 21.06.01 – ecological safety]. Lviv Polytechnic National University. Available at: https://lpnu.ua/sites/default/files/dissertation/2018/9253/dis_bezsonov.pdf [in Ukrainian]
17. Alimov, L.F. (2017). Stabilnost i ustoychivost vodnykh ekosystem [Stability and Sustainability of Aquatic Ecosystems]. *Gidrobiologicheskii zhurnal [Hydrobiological journal]*, 53, 1, 3-15 [in Russian]
18. Bubnov, A.G. et al. (2007). Biotestovyyi analiz – integralnyy metod otsenki kachestva ob'ektov okruzhayushey sredy: uchebno-metodicheskoe posobie [Biotest analysis is an integral method for assessing the quality of environmental objects: teaching aid], (Ed(s) Grinevich, V.I.), Ivanovo, Russia, 112. [in Russian]
19. Aquatic Benthic Macroinvertebrates As Water Quality Indicators: presentation. Available at: <https://www.wpwa.org/documents/education/Biological%20sampling.pdf> [in English]
20. Khyzhniak, M.I., Yevtushenko, M. Yu. (2014). Metodolohiia vyvchennia uhrupovan vodnykh orhanizmiv: navchalnyi posibnyk [Methodology for studying groups of aquatic organisms: a teaching aid]. Kyiv: Ukrainian Phytosociological Center, 269. [in Ukrainian]
21. Bouchard, R.W.Jr. (2004). Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota. Available at: <https://dep.wv.gov/WWE/getinvolved/sos/Documents/Benthic/UMW/Ephemeroptera.pdf> [in English]
22. Patent na korysnu model Ukrainy no.128240 (u 2018 02794) vid 10.09.2018. Sposib toksyko-enerhetychnoho otsiniuvannia ekolohichnoho stanu poverkhnevnykh vodnykh ekosystem [Patent for a utility model of Ukraine: Method of toxico-energy assessment of ecological state of surface aquatic ecosystems]. Available at: <https://base.uipv.org/searchiv/search.php?action=viewdetails&IdClaim=250827&chapter=biblio> [in Ukrainian]
23. Dutta V., Sharma U. (2017). Assessment of River Ecosystems and Environmental Flows: Role of Flow Regimes and Physical Habitat Variables. *Climate Change and Environmental Sustainability*, 5(1), 20-34. DOI: <https://doi.org/10.5958/2320-642X.2017.00002.3>. Available at: https://www.researchgate.net/publication/318480514_Assessment_of_River_Ecosystems_and_Environmental_Flows_Role_of_Flow_Regimes_and_Physical_Habitat_Variables [In English]

24. Jordà-Capdevila D., Rodríguez-Labajos B., Bardina M. (2016). A five-step assessment of river ecosystem services to inform conflictive water-flows management – the Ter River case. *Vertigo* – la revue électronique en sciences de l'environnement. Available at: <http://journals.openedition.org/vertigo/17462>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.17462> [In English]
25. Kuemmerlen M., Reichert P., Siber R., Schuwirth N. (2019). Ecological assessment of river networks: From reach to catchment scale. *Science of The Total Environment*, 650(1), 1613-1627. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.019> [in English]
26. Cooper A. R., Infante D. M., Daniel W. M., Wehrly K. E., Wang L., Brenden O. T. (2017). Assessment of dam effects on streams and fish assemblages of the conterminous USA. *Science of The Total Environment*, 586, 879-889. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.067> [in English]
27. Gurnell A. M., Scott S. J., England J., Gurnell D., Jeffries R., Shuker L., Wharton G. (2020). Assessing river condition: A multiscale approach designed for operational application in the context of biodiversity net gain. *River Research and Application*, 36(8), 1559-1578. Available at: <https://doi.org/10.1002/rra.3673> [in English]
28. Ekka A., Pande S., Jiang Y., P. van der Zaag. (2020). Anthropogenic Modifications and River Ecosystem Services: A Landscape Perspective. *Water*, 12, 2706. Available at: <https://doi.org/10.3390/w12102706> [in English]
29. Maltsev V. I., Karpova G. O., Zub L. M. (2011). *Vizualizatsiya metodiv bioindikatsiyi: nauko-metodychnyy posibnyk [Visualization of bioindication methods: scientific-methodical manual]*. Kyiv, National Center for Ecomonitoring and Biodiversity of the Metropolis of the National Academy of Sciences of Ukraine; Non-governmental scientific institution Institute of Ecology (INECO) of the National Ecological Center of Ukraine, 112 p. [in Ukrainian]
30. Tolochyk I. L. (2018). *Ekolohichnyy stan r. Styr v umovakh antropohennoho navantazhennya u mezhakh Rivnenskoyi oblasti: Dysertatsiya na zdobuttya naukovoho stupenya kandydata biolohichnykh nauk za spetsialnistyu 03.00.16 «Ekolohiya» [Ecological state of the Styr river in conditions of anthropogenic loading within Rivnenska oblast: The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of biological sciences on a specialty 03.00.16 «Ecology»]*. Rivne State Humanitarian University. Institute of Ecology of the Carpathians of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv. Available at: <http://ecoinst.org.ua/pdf/d12.pdf> [in Ukrainian]
31. Melnyk V. Y. (2015). *Ekolohichni normatyvy yakosti vody richok v mezhakh Rivnenskoyi oblasti: monohrafiya [Ecological standards of river water quality within Rivne region: monograph]*. Rivne: O. Zen. 290 p. [in Ukrainian]
32. Gelashvili D. B., Karandashova A. A. (2002). *Printsipy ekologicheskogo normirovaniya antropogennoy nagruzki na loticheskiye ekosistemy po pokazatelyam makrozoobentosa [Principles of ecological regulation of anthropogenic load on lotic ecosystems in terms of macrozoobenthos indicators]*. *Izv. Samar. Nauch. tsentra RAN – Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2(4), 252-254. Available at: http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A3/Gela_norm.htm [in Russian]