

УДК 502/504:556

DOI: <https://doi.org/10.32347/tb.2024-41.0412>**Валерій Фролов**

доктор технічних наук, професор кафедри Фізики
Київський національний університет будівництва і архітектури
просп. Повітряних сил, 31, м. Київ, 03037, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1675-8476>
E-mail: frolov.vf@knuba.edu.ua

Світлана Маджд

докторка технічних наук, професорка кафедри Екології,
Національний авіаційний університет
просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2857-894X>
E-mail: mazhd@i.ua

Анастасія Ковальова

докторка філософії,
асистент кафедри Технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці
Київський національний університет будівництва і архітектури
просп. Повітряних сил, 31, м. Київ, 03037, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1060-3425>
E-mail: kovalova.av@knuba.edu.ua

НАУКОВІ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ СТАНУ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ, ЯК ІНДИКАТОРА РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ГІДРОЕКОСИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. В роботі запропонована методика проведення контролю стану поверхневих водних об'єктів на території, яка підлягала впливу підприємств авіаційної галузі, шляхом дослідження забрудненості донних відкладів. На прикладі нафтових вуглеводнів - специфічних забруднювачів авіаційних підприємств доведено, що донні відклади є інтегральним показником рівня техногенного забруднення, індикатором рівня екологічної безпеки гідроєкосистем. Розраховані коефіцієнти донної акумуляції вказують на прогресуюче забруднення водойми та накопичення основної маси забруднюючих речовин в донних відкладах. Результати досліджень малої річки, що протікає вздовж авіапідприємств свідчать, що донні відклади відносяться до категорії "надзвичайно забруднених" і з одного боку сприяють процесу самоочищення водного середовища, акумулюючи в собі нафтопродукти, проте з іншого боку вони являють собою небезпеку вторинного забруднення водної товщі, оскільки при зміні фізико-хімічних умов забруднювачі з донних відкладів здатні переходити у водну фазу.

Ключові слова: донні відкладення, гідроєкосистеми, індикатор екологічної небезпек, токсифікація екосистем, суцесійні зміни, внутрішньоводоймна перебудова.

SCIENTIFIC TECHNOLOGIES OF MONITORING THE STATE OF BOTTOM SEDIMENTS, AS AN INDICATOR OF THE LEVEL OF ENVIRONMENTAL DANGER TO HYDROECOSYSTEMS

ABSTRACT. The work proposes a method of monitoring the condition of surface water bodies on the territory, which was subject to the influence of enterprises of the aviation industry, by studying the contamination of bottom deposits. Using the example of petroleum hydrocarbons - specific pollutants of aviation enterprises, it is proved that bottom sediments are an integral indicator of the level of man-made pollution, an indicator of the level of ecological safety of hydroecosystems. The calculated coefficients of bottom accumulation indicate progressive water pollution and accumulation of the main mass of pollutants in bottom sediments. The results of the research of the small river flowing along the airline show that the bottom sediments belong to the category of "extremely polluted" and on the one hand, they contribute to the process of self-purification of the water environment by accumulating oil products, but on the other hand, they represent

a danger of secondary pollution of the water column, after which, when physical and chemical conditions change, pollutants from bottom sediments are able to move into the water phase.

Keywords: *bottom sediments, hydroecosystems, indicator of ecological danger, toxification of ecosystems, successional changes, in-reservoir reconstruction.*

1. Постановка проблеми. Для визначення рівня екологічної небезпеки антропогенно навантажених поверхневих водних екосистем необхідно знати динаміку перерозподілу забруднювачів в її основних складових (у водних масах, біоті, донних відкладах). В роботі зосереджено увагу на основному індикаторі екологічного стану гідроекосистеми – донних відкладах.

Реалізація запропонованої методики можлива через дослідження стану донних відкладів, як індикатора рівня екологічної небезпеки гідроекосистем. Для пояснення стану процесів використані загальнотеоретичні основи організації гідроекосистеми як цілісної структури, що описується з точки зору теорії систем. Згідно з цією теорією водні екосистеми розглядаються як відкриті термодинамічні системи, що мають структурну цілісність та характеризуються функціональною єдністю структурних компонентів, яка забезпечується в результаті процесів саморегуляції та адаптації [1-3].

Водні екосистеми здатні самоочищуватись від забруднювачів у ході протікання таких фізико-хімічних і біологічних внутрішньоводоймних процесів [1]:

- розведення;
- перенесення течією;
- механічне руйнування (перетирання) мінеральними частинками;
- сорбція зваженими часинками;
- зв'язування в неактивні комплексні сполуки (важкі метали);
- трансформація в інші нетоксичні сполуки;
- накопичення в ланках трофічного ланцюгів;
- седиментація в донних відкладах з наступним їхнім замуленням.

В результаті проходження зазначених внутрішньоводоймних процесів концентрація токсикантів у водних масах істотно зменшується, але зростає в донних відкладах і в тканинах гідробіонтів. Результатом такого перерозподілу токсичних речовин може бути хронічна токсифікація екосистеми, що супроводжується різким зменшенням продуктивності популяцій або масовою загибеллю живих організмів. Такий перерозподіл токсикантів є не справжньою детоксикацією, а умовною, оскільки наслідки накопичення токсикантів в донних відкладах проявляються в екстремальних ситуаціях – змуленні донних відкладів під час штормів та внаслідок скидання значних обсягів водних мас. За таких екстремальних умов відбувається зворотній перехід токсикантів з донних відкладів у товщу водних мас при одночасному підвищенні її каламутності. Одночасно із вторинним забрудненням водного середовища фіксується гостра нестача кисню, що призводить до замору риб і безхребетних.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фізичною і фізико-хімічною основою реагування поверхневих водних екосистем на пошкодуючі впливи забруднювачів є закони термодинаміки і принцип Ле Шательє-Брауна [4]. Розвиток водних екосистем має певний незворотній напрям, який проявляється у сукцесійних змінах, наприклад, трофності водойм, що відповідає другому закону термодинаміки. При збільшенні обсягів надходження до водойм забруднюючих речовин, у системі збільшується протидія, відбувається внутрішньоводоймна перебудова, спрямована на нейтралізацію даного забруднювача. Ця протидія спрямована на зниження рівня дисбалансу в гідроекосистемі. Чим інтенсивніший вплив забруднювачів – тим інтенсивніша внутрішньоводоймна перебудова (принцип Ле Шательє-Брауна). При критичних концентраціях забруднювачів водних система втрачає здатність до внутрішньоводоймної перебудови. При надходженні низьких концентрацій забруднювачів до приро-

дних водойм відбуваються лише обмежені коливання параметрів системи, які можуть накопичуватися, що у кінцевому результаті, з часом, також призведе до руйнування водної екосистеми але у більш віддалений час [1,4].

Донні відклади мають здатність інтенсивно абсорбувати токсичні речовини, які взаємодіючи з органічними компонентами та можуть утворювати комплексні сполуки, які втрачають токсичні властивості. У зв'язку з цим прямий токсичний вплив на водні маси та біоту значно послаблюється. Нестійкі органічні токсиканти руйнуються мікроорганізмами донних відкладів або частково трансформуються мікро- чи мезобентосними організмами, які живляться мулом (нематоди, олігохети, личинки хірономід).

3. Мета роботи. Створити наукові основи контролю хімічного стану поверхневих водойм через оцінювання стану донних відкладів, як індикатора рівня їх екологічної небезпеки.

4. Матеріали та методи. Проведення хімічних досліджень стану донних відкладів, як індикатора екологічного стану поверхневих водних об'єктів, більш результативним буде на прикладі малої річки. Навесні, влітку і восени здійснювались дослідження стану малої р. Нивка, що є об'єктом з високим антропогенним навантаженням і протікає в районі впливу авіатransпортних процесів. В даній водній екосистемі була здійснена оцінка поверхневого, придонного шару води та донних відкладів.

Перша проба була відібрана в місці, що знаходиться у житловому масиві Жуляни – за 100 м вище скиду стічних вод авіапідприємств. Відібрана вода була прозорою, донні відклади мали світло-коричневий колір і не мали запаху. Оскільки дана точка відбору розташована вище міста скидання стічних вод авіапідприємств, тому її було прийнято за «умовний контроль».

Другу пробу води відбирали в місці скиду стічних вод авіаційних підприємств. Вода мала неприємний запах, місцями на поверхні водойми плавала плівка. Відібрана вода була непрозора, з плаваючими домішками. Донні відклади були чорного кольору, мали запах нафтопродуктів на сірководню.

Третю пробу води та донних відкладів відбирали за 100 м після скиду стічних вод, в місці розсіювання забруднювачів. Донні відклади мали неприємний запах нафтопродуктів і були чорного кольору.

Проби води та донних відкладів відбирались і досліджувались за допомогою стандартних методик [5]. Проби води аналізували за допомогою органолептичних, гідрохімічних методів [6-8] та за вмістом нафтопродуктів [9].

Суть методу на визначення нафтових вуглеводнів полягає в тому, що проби води (1 л) підкиснювались до $pH = 2$ і до них додавалось 2 г NaCl на кожний літр води. Далі проводилась екстракція тетрахлоридом вуглецю в ділільній лійці. Розчинник додавався окремими порціями. Процес очікування розшарування складав 10 хвилин, після чого екстракт збирався у колбу з скляною пробкою. Екстракт висушувався прожареним сульфатом натрію, відбирався порцією 50 мл та пропускався через колонку з оксидом алюмінію. Зібраний елюат в мірній колбі ємністю 100 мл пропускався через колонку ще 45 мл чистого тетрахлоретану та доводився цим же розчинником об'єм розчину в колбі до мітки. На екстрагування витрачалось 60 мл екстрагенту. Інфрачервоний спектр отриманого розчину знімали, користуючись кюветою з товщиною шару 50 мм. Оптичну густину вимірювали при довжині хвилі 2926 см^{-1} .

5. Результати.

Для проведення досліджень, щодо акумуляції забруднювачів донними відкладами, зокрема, специфічного забруднювача авіаційних підприємств – нафтопродуктів, слід відзначити, що в присутності нафтових вуглеводнів донні відклади та вода набуває специфічного смаку і запаху, змінюється її колір, pH, погіршується газообмін з атмосферою.

Результати власних попередніх досліджень [10-20] свідчать, що гідроекосистема, яка знаходиться під інтенсивним впливом підприємств авіаційної галузі, за показником pH поверхневого і придонного шару води в усіх досліджуваних точках не виходить за межі допустимих значень (6,–8,5). За ступенем загальної мінералізації усі досліджені проби не перевищують нормативів і характеризуються як прісні води I класу якості, 2 категорії. За існуючими

класифікаціями досліджену воду поверхневого і придонного шару води можна віднести до води середньої твердості. У місці скиду стічних вод величина показника ХСК для вод поверхні в 1,5 рази перевищує $ГДК_{госп./поб}$ і в 2,2 рази $ГДК_{р/госп.}$ У пробі придонного шару води після скиду стоку встановлено перевищення $ГДК_{госп./поб}$ призначення у 1,6 рази. Перевищення $ГДК_{р/госп.}$ категорії для придонних вод становить 2,5 разів. Поверхневу воду річки до стоку і після стоку можна віднести до II класу 3 категорії якості води, а в місці стоку – до IV класу і 6 категорії; придонні води до стоку і в місці стоку – до II класу 3 категорії, після стоку – до IV класу 6 категорії якості води. Майже у всіх проаналізованих пробах виявлено перевищення нормативів за БСК₅: у воді поверхні від 1,5 до 7,5 $ГДК_{госп./поб}$ призначення та 1,9–15,0 $ГДК_{р/госп.}$ категорії. У придонному шарі води спостерігається тенденція до зростання БСК₅ в районі скиду стічних вод і нижче за течією (від 1,1 до 3,6 $ГДК_{госп./поб}$ і 2,3–7,3 $ГДК_{р/госп.}$). За значенням БСК₅ воду поверхні річки до стоку можна віднести до III класу 4 категорії якості води, в місці стоку – до V класу 7 категорії, після стоку – до III класу 5 категорії; придонний шар води до стоку відноситься до III класу 4 категорії, а в місці скиду і після скиду – до V класу 7 категорії якості води.

У всіх досліджуваних пробах води річок, що протікають вздовж авіапідприємств виявлено значне перевищення вмісту азоту амонійного. Високий рівень забруднення N/NH₄ спостерігався в місці скиду стічних вод – 38 мг/дм³. В інших пробах вод поверхні перевищення становить від 1,2 до 19 разів відносно до $ГДК_{госп./поб.}$ та 6,4–97 разів $ГДК_{р/госп.}$ У придонному шарі води вміст азоту амонійного перевищує $ГДК_{госп./поб.}$ в 1,6–6,6 раза та в 8,2–34 рази $ГДК_{р/госп.}$

Концентрація нітритів у всіх пробах поверхневого і придонного шару води не перевищує $ГДК$, що встановлена для водойм господарсько-побутового призначення. Щодо нормативу, який встановлено для водойм рибогосподарського призначення, то перевищення за азотом нітритів спостерігалось в пробах води поверхневого шару в 15–45 разів, в пробах придонного шару – в 25–45 разів.

Донні відклади в гідроекосистемі протягом тривалого періоду акумулюють нафтопродукти – специфічні забруднювачі авіапідприємств, що надходять до водойми і за рахунок цього є своєрідним „депо”, їх накопичувачем, інтегральним показником рівня техногенного забруднення.

При постійному надходженні нафтових вуглеводнів до водної екосистеми донні відклади з одного боку сприяють процесу самоочищення водного середовища, акумулюючи в собі нафтопродукти, а з іншого боку являють собою небезпеку вторинного забруднення гідроекосистеми, оскільки при зміні фізико-хімічних умов придонних вод забруднювачі з донних відкладень здатні переходити у водну фазу. Результати здійснених експериментальних досліджень вказують на надзвичайно високе забруднення нафтовими вуглеводнями донних відкладів малої річки, що досліджувалась. Концентрація нафтопродуктів в донних відкладах більше ніж у 2000 разів перевищує їх вміст у поверхневих шарах води. В ході досліджень встановлений високий ступінь забруднення нафтопродуктами поверхневого (в 12–198 разів вище, ніж $ГДК_{р/госп.}$) та придонного шару води (від 16 до 39 разів, ніж $ГДК_{госп./поб.}$).

Високий вміст нафтопродуктів свідчить про вплив діяльності авіапідприємств на дослідну малу річку. Утворюючи тонку плівку на поверхні води, нафтопродукти змінюють газовий та температурний режим води швидкість руйнування, випаровування чи осадження їх компонентів. Негативний вплив нафтопродуктів проявляється в порушенні функціонування водної екосистеми загалом та в порушенні розвитку вищих водяних рослин. Вуглеводні, які входять до складу нафтопродуктів, здійснюють токсичну, а в деяких випадках, наркотичну дію на живі організми річкової екосистеми.

Для визначення перерозподілу токсикантів з водної товщі до донних відкладень, на підставі отриманих результатів, розраховані коефіцієнти донної акумуляції (КДА) для нафтопродуктів, малої річки, що перебуває під постійним інтенсивним впливом авіапідприємств за формулою:

$$K_{DA} = K_d / K_B \quad (1)$$

де K_d – концентрація токсиканта в донних відкладах мг/дм^3 ; K_B – концентрація токсиканта в водній товщі, мг/дм^3

Результати розрахунків коефіцієнтів донної акумуляції вказують на прогресуюче забруднення водної екосистеми та накопичення основної маси нафтопродуктів в донних відкладах (до стоку стічних вод – 675, в місці скиду стічних вод авіаційних підприємств – 966, після стоку, в місці розсіювання стічних вод – 1119). Прогресуюче забруднення малої річки характеризується зростанням коефіцієнтів донної акумуляції та зниження процесів детоксикації у водній товщі.

Мала р. Нивка є цілковито антропогенно навантаженою річкою, що втратила здатність до природних процесу самовідновлення. Дана мала річка, має свій об'єм – $W_0 = Q$ (м^3), до якого скидаються зворотні води комунально-побутових та промислових підприємств м. Києва з витратою q_1 ($\text{м}^3/\text{год}$) та концентрацією в них солей та мулу c_1 (г/л).

При цьому, в алгоритмі підвищення процесів самоочищення цієї річки необхідно враховувати коефіцієнт розбавлення та змішування солей та донних відкладень за певний час (κ):

$$C_6(t) = c_1 + (c_0 - c_1) \exp\left[-\frac{t}{\tau_0}\right] \quad (2)$$

$$C_6^*(t) = c_1^* + (1 - c_1^*) \exp\left[-\frac{t}{\tau_0}\right] \quad (3)$$

якщо $c_6^* = \frac{c_6}{c_0}$; $c_1^* = \frac{c_1}{c_0} = \kappa$ – зведені величини, що визначають концентрацію солей у басейні річки і зворотних водах через початкову концентрацію C_0 ;

якщо $\tau_0 = \frac{Q_0}{q_1}$ – час цілковитого відновлення води в басейні річки за умови не перемішування води в басейні;

якщо $\kappa = \frac{c_1}{c_0}$ – коефіцієнт розбавлення (розмішування).

За результатами розрахунку формул було отримано графік змін концентрації забруднювальних речовин за певний проміжок часу (рис. 1).

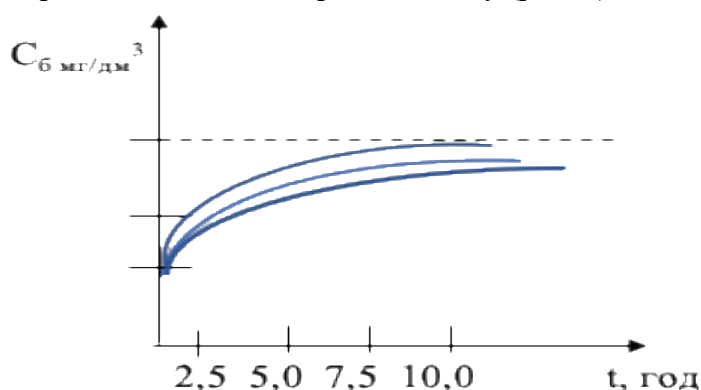


Рис. 1. Зміна концентрації забруднювачів за 2,5 год, 5 год, 10 год діапазон часу.

Fig.1. Change in pollutant concentration in 2,5 h, 5h, 10 h time range.

Також в процесі розрахунків був отриманий графік зміни забруднень в умовах розбавлення зворотних вод, які надходять до річки (рис. 2).

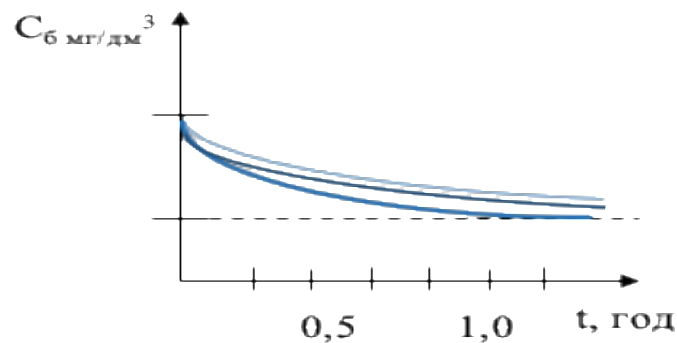


Рис. 2. Зміна концентрації забруднювачів з урахуванням їх розбавлення у поверхневій водоймі.

Fig.2. Change in the concentration of pollutants taking into account their dilution in the surface water body.

Даний математичний апарат дозволяє у часі охарактеризувати тенденцію погіршення процесу розвитку (еволюції) водної екосистеми, оскільки досліджувана малої річки розглядається в комплексному контексті як єдина складова – водні маси, донні відклади, біота.

Висновки. Донні відклади в гідроекосистемах протягом тривалого періоду акумулюють забруднювачі, що надходять до водойм і за рахунок цього є своєрідним акумулятором, накопичувачем забруднювачів, інтегральним показником рівня антропогенного забруднення – індикатором рівня екологічної небезпеки гідроекосистем. Донні відклади малої річки, що протікає вздовж авіапідприємств можна віднести до категорії “надзвичайно забруднених” і стверджувати, що вони з одного боку сприяють самоочищенню водного середовища, акумулюючи в собі нафтові вуглеводні, а з іншого боку являють собою небезпеку вторинного забруднення гідроекосистеми, оскільки при зміні фізико-хімічних умов придонних вод забруднювачі з донних відкладів здатні переходити у водну фазу.

Список використаних джерел:

1. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне значення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/Водна%20токсикологія-монографія.pdf>
2. Маджд С.М. Оцінка біотичного потенціалу водних екосистем в зоні впливу авіаційних підприємств / С.М. Маджд, А. С. Александрова, А.О. Панченко // *Авіація в XXI столітті : VII Всесвіт. конгрес, 19-21 вересня 2016 р. : тези доп.* – К., 2016. – С. 5.4.73–5.4.76.
3. Збільшення буферності природних підсистем з метою мінімізації антропогенного навантаження на гідроекосистеми / О.М. Міхеєв, В.М. Удод, С.М. Маджд, О.В. Лапань, Я.А. Кулініч // *Східно-Європейський Науковий Журнал – Польща: – Варшава, 2016.* – № 9 (13). – С. 10–13.
4. Черных Н.А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере / Н.А.Черных, С.Н.Сидоренко – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 430 с.
5. Методы исследования в гигиене воды. – М. : Изд-во Минздрав, 1983. – 89 с.
6. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. – К. : СИМВОЛ – І, 1998. – 28 с.
7. Методи гідроекологічних досліджень. – К. : Лібра, 2006. – 280 с.
8. Методи аналізу об'єктів довкілля: Метод. рек. / ред. А. Г. Волошук. – Чернівці : Рута, 2005. – 28 с.
9. Руководство по методам исследования качества вод / УНИИВЭП. – Т. 2 – К. : Токсикология, 1995 – 183 с.
10. Маджд С.М. Екологічна оцінка якості поверхневих і ґрунтових вод, в районі експлуатації та ремонту авіаційної техніки / С.М. Маджд, Г.М. Франчук, М.М. Тимошенко // *Екологічна безпека та природокористування : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору.* – К., 2012.– Вип.9. – С. 116–122.

11. Маджд С.М. Удосконалення технологічної схеми очищення зворотних вод авіапідприємств / С.М. Маджд // Проблеми водовідведення та гідравліки : наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2013.– Вип.22. – С.107–112.
12. Маджд С.М. Оцінка техногенного впливу авіапідприємств на стан водойм / С.М. Маджд // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К., 2014.– Вип.14. – С.101–106.
13. Ісаєнко В.М. Наукові основи розроблення системи екологічного управління техноекосистемою зони аеропорту / В.М. Ісаєнко, С.М. Маджд, Д.Д. Кальницька // Екологічна безпека та технології захисту довкілля. – 2019. – №2. – С. 35–39.
14. Маджд С.М. Визначення потенційної небезпеки донних відкладів гідроекосистем з інтенсивним техногенним навантаженням/ С.М. Маджд, А.С. Александра, // Наукоємні технології. – 2016. – №3. – С. 331–334.
15. Маджд С.М. Матеріальна кумуляція донних відкладів басейнів рік техногенно трансформованих районів / С.М. Маджд // «Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку» : VIII Всеукр. наук.-практич. Інтернет конф., 12-20 листопада 2018 р.: тези доп. – Ірпінь, 2018. – С. 252-256.
16. Удод В.М. Дослідження причин та наслідків трансформації техногенно змінених водних систем / В.М. Удод, С.М. Маджд, Я.І. Кулинич // Техногенна безпека. – 2017. – Т. 289. Вип. 277. – С. 10–16.
17. Маджд С.М. Механізми підвищення рівня екологічної безпеки гідроекосистем зони впливу авіаційних підприємств / С.М. Маджд, А.О. Панченко, Д.Д. Кальницька, А.М. Бондар // Проблеми екологічної безпеки: XV Міжнарод. наук.-техніч. конф., 11-13 жовтня 2017р. : тези доп. – Кременчук, 2017. – С. 47.
18. Маджд С.М. Структурно-функціональні зміни розвитку водних системи в умовах техногенної трансформації / С.М. Маджд // «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи» : XIV Міжнарод. наук.-практич. конф., 14 вересня 2018р.: тези доп. – Львів, 2018. – С. 203.
19. Ісаєнко В.М. Теоретична концепція формування еколого-небезпечних ризиків в процесі розвитку техноприродних водних екосистем / В.М. Ісаєнко, С.М. Маджд // Вісник Кременчуцького національного університету. – 2019. – №1 (114). – С. 121–127.
20. Маджд С.М. Дослідження техногенно-зумовлених водних екосистем в зоні впливу авіапідприємств / С.М. Маджд, Я.І. Писанко // Вісн. НАУ. – 2018. – №3. – С. 78-86.

References:

1. Dudnyk S.V., Yevtushenko M.Yu. Water toxicology: basic theoretical provisions and their practical significance [Electronic resource]. - Access mode: <http://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/Водна%20токсикологія-монографія.pdf>
2. Madzhd S.M. Assessment of the biotic potential of aquatic ecosystems in the zone of influence of aviation enterprises / S.M. Majd, A.S. Aleksandrova, A.O. Panchenko // Aviation in the 21st century: VII Universe. congress, September 19-21, 2016: abstracts – K., 2016. – P. 5.4.73–5.4.76.
3. Increasing the buffering capacity of natural subsystems in order to minimize anthropogenic load on hydroecosystems / O.M. Mikheev, V.M. Udod, S.M. Majd, O.V. Lapan, Ya.A. Kulinich // East European Scientific Journal – Poland: – Warsaw, 2016. – No. 9 (13). - P. 10–13.
4. Chernykh N.A. Ecological monitoring of toxicants in the biosphere / N.A. Chernykh, S.N. Sydorenko - M.: RUDN publishing house, 2003. - 430 p.
5. Research methods in water hygiene. - M.: Publishing House of the Ministry of Health, 1983. - 89 p.
6. Methodology of environmental assessment of surface water quality by relevant categories. - K.: SYMBOL - I, 1998. - 28 p.
7. Methods of hydroecological research. - K.: Libra, 2006. - 280 p.
8. Methods of analysis of environmental objects: methodological recommendations / edited by A. G. Voloshchuk. - Chernivtsi: Ruta, 2005. - 28 p.
9. Guide to water quality research methods / UNIIIVER. - Vol. 2 - K.: Toxicology, 1995 - 183 p.
10. Madzhd S.M. Environmental assessment of the quality of surface and groundwater in the area of the quality of surface and repair of aircraft equipment / S.M. Majd, H.M. Franchuk, M.M. Tymoshenko // Ecological safety and nature management: coll. of science works / Ministry of Education and Science of

- Ukraine, Kyiv. national University of Civil Engineering and Architecture, National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Telecommunications and Global. information space - K., 2012. - Issue 9. - pp. 116–122.
11. Majd S.M. Improvement of the technological scheme for cleaning return waters of airline companies / S.M. Majd // Problems of drainage and hydraulics: science and technology. coll. - K.: KNUBA, 2013. - Issue 22. – P.107–112.
 12. Madzhd S.M. Assessment of man-made impact of airlines on the state of water bodies / S.M. Majd // Ecological safety and nature management: coll. of science works / Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv. national University of Civil Engineering and Architecture, National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Telecommunications and Global. information simply - K., 2014. - Issue 14. – P.101–106.
 13. Madzhd S.M. Determining the potential danger of bottom sediments of hydroecosystems with intensive man-made load/ S.M. Majd, A.S. Aleksandrova, // Science-intensive technologies. – 2016. – No. 3. - P. 331–334.
 14. Madzhd S.M. Material cumulation of bottom sediments of basins in the year of technogenically transformed areas / S.M. Madzhd // "Technological and ecological safety of Ukraine: state and prospects of development" : VIII Vseukr. scientific and practical Internet conference, November 12-20, 2018: abstracts of add. - Irpin, 2018. - P. 252-256.
 15. Madzhd S.M. Material cumulation of bottom sediments of basins in the year of technogenically transformed areas / S.M. Madzhd // "Technological and ecological safety of Ukraine: state and prospects of development" : VIII Vseukr. scientific and practical Internet conference, November 12-20, 2018: abstracts of add. - Irpin, 2018. - P. 252-256.
 16. Udod V.M. Study of the causes and consequences of the transformation of man-made water systems / V.M. Udod, S.M. Majd, Y.I. Kulynych // Technological safety. – 2017. – Volume 289. Issue 277. – P. 10–16.
 17. Majd S.M. Mechanisms of increasing the level of ecological safety of hydroecosystems in the zone of influence of aviation enterprises / S.M. Majd, A.O. Panchenko, D.D. Kalnytska, A.M. Bondar // Problems of ecological safety: XV International. science and technology conference, October 11-13, 2017 : theses add. – Kremenchuk, 2017. – P. 47.
 18. Madzhd S.M. Structural and functional changes in the development of water systems in the conditions of man-made transformation / S.M. Majd // "Ecological safety as the basis of sustainable development of society. European experience and perspectives: XIV International. scientific and practical conference, September 14, 2018: theses add. - Lviv, 2018. - P. 203.
 19. Isaenko V.M. Theoretical concept of the formation of ecologically dangerous risks in the process of development of techno-natural water ecosystems / V.M. Isaenko, S.M. Majd // Bulletin of the Kremenchug National University. – 2019. – No. 1 (114). - pp. 121–127.
 20. Majd S.M. Research of man-made aquatic ecosystems in the zone of influence of aircraft companies / S.M. Majd, Y.I. Pysanko // Visn. NAU – 2018. – No. 3. - P. 78-86.