

УДК 574.08:681.78:629.52.7

Oleg Mashkov¹, doctor of technical sciences

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9227-4647> *e-mail*: mashkov_oleg_52@ukr.net

Volodymyr Prisyazhny², candidate of technical sciences

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7825-9037> *e-mail*: ncuvkz@spacecenter.gov.ua

¹State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, Ukraine

²National Space Facilities Control and Testing Center, Kyiv, Ukraine

DECODERATION OF SATELLITE IMAGES OF WATER PROTECTION ZONES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM

Abstract. *The work is devoted to the application of an artificial intelligence system to assess violations of the norms of environmental water protection strips along the Dnieper and several middle rivers in the Dnipropetrovsk region. The use of artificial intelligence allows you to form vector layers of agricultural fields located in the zone of water protection strips, as well as the field of the building line along the banks of rivers, elements of which violate the norms of the distance to water bodies.*

Diagnostics and forecasting of situations using aerospace technologies involves the use of a set of models of ecosystem objects in the intelligent system of environmental protection and territories with varying degrees of environmental threats to objects. This approach allows you to perform spatially distributed assessment of environmental risk and diagnostics of the ecological situation in ecosystems.

The methodology for applying aerospace technologies to solve environmental problems using an artificial intelligence system allows for the integration of environmental monitoring data from various observation sources: stationary observation points, ground-based mobile complexes, remotely piloted aircraft, and space-based remote sensing systems.

The use of aerospace technologies in environmental safety management using artificial intelligence systems involves the following stages: identification of risk factors, risk assessment, risk management in the ecosystem. Formalization of tasks in the field of environmental monitoring using artificial intelligent systems with the use of aerospace technologies takes into account: geology and subsoil resources (including groundwater), hydrology and surface water resources, forest resources and plant cover, impacts on the environment, wildlife, atmospheric air, precipitation and snow cover, communication facilities, agriculture, use and development of territories.

Keywords: *geographic information systems, remote sensing methods, environmental safety, regulatory distances, landfills of agricultural lands and buildings located within nature conservation water protection zones, nature conservation water protection zones, environmental protection technology, ecosystem.*

О.А. Машков¹, В.І. Присяжний²

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, м. Київ, Україна

²Національний центр управління та випробувань космічних засобів, м. Київ, Україна

ДЕШИФРУВАННЯ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ ВОДОЗАХИСНИХ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗОН З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

***Анотація.** Робота присвячена застосуванню системи штучного інтелекту для оцінки порушень нормативу природоохоронних водозахисних смуг уздовж Дніпра і декількох середніх річок на території Дніпропетровської області. Застосування штучного інтелекту дозволяє сформувати векторні шари сільськогосподарських полів, розташованих в зоні водозахисних смуг, а також по лінії забудови вздовж берегів річок, елементи якої порушують нормативи відстані до водних об'єктів.*

Діагностика та прогнозування ситуацій з використанням аерокосмічних технологій передбачає застосування з множини моделей об'єктів екосистеми в інтелектуальній системі захисту навколишнього середовища і території з різним ступенем екологічних загроз. Такий підхід дозволяє виконувати просторово-розподілену оцінку екологічного ризику та діагностику екологічної ситуації в екосистемах.

Застосування аерокосмічних технологій при управлінні екологічною безпекою за допомогою систем штучного інтелекту передбачає наступні етапи: ідентифікація факторів ризику, оцінка ризику, управління ризиком в екосистемі. Формалізація завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою штучних інтелектуальних систем із застосуванням аерокосмічних технологій враховує: геологію і ресурси надр (в т.ч. підземних вод), гідрологію і поверхневі водні ресурси, лісові ресурси і рослинний покрив, впливи на довкілля, тваринний світ, атмосферне повітря, атмосферні опади і сніговий покрив, комунікаційні об'єкти, сільське господарство, використання і розвиток територій.

***Ключові слова:** геоінформаційні системи, дистанційні методи, екологічна безпека, нормативні відстані, полігони сільськогосподарських угідь та будівель, що розташовані в межах природоохоронних водозахисних смуг, природоохоронні водозахисні смуги, технологія захисту навколишнього середовища, екосистема.*

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.2.110-120>

Вступ

Актуальність побудови та застосування інтелектуальної системи захисту навколишнього середовища з практичної точки зору полягає в обґрунтуванні можливості підвищити рівень екологічної безпеки регіону, з наукової – в необхідності використання під час проведення досліджень сучасного математичного апарату, заснованого, зокрема, на теорії штучного інтелекту.

Системне забезпечення екологічної безпеки держави передбачає визначення мети управління екологічною безпекою, створення належних умов для життя суспільства, функціонування техносфери, самовідтворення природного середовища. Системні управлінські рішення спрямовано на виконання наступних завдань: оцінка рівнів ризику настання тих чи інших надзвичайних ситуацій на конкретних територіях чи окремих об'єктах (має на

меті подальшу розробку заходів із зниження ризику до прийняттого рівня, розробку сценаріїв реагування на надзвичайні ситуації в разі їх настання); класифікація об'єктів підвищеної небезпеки відповідно до рівнів їх ризику.

Традиційний спосіб отримання інформації про стан навколишнього природного середовища і техногенних об'єктів, який здійснюється наземними службами, не завжди забезпечує необхідну оперативність оновлення даних. Застосування аерокосмічних технологій (знімків високої роздільної здатності та сучасних програмних засобів обробки), використання мобільних комплексів екологічного моніторингу дозволяють отримати інформацію про навколишнє середовище, прогнозувати розвиток екологічних процесів та створити систему підтримки прийняття управлінських екологічних рішень. Це дозволить підвищити рівень екологічної безпеки навколишнього середовища, водозахисних природоохоронних зон.

Створення та застосування інтелектуальної системи захисту навколишнього середовища за методом забезпечення функціональної стійкості екосистем з використанням аерокосмічних технологій в умовах надзвичайних екологічних ситуацій в реальному часі, що заснована на динамічній оцінці екологічного ризику, є актуальною науково-прикладною проблемою, вирішенню якої присвячено дане дослідження. Оскільки методологія побудови інтелектуальної системи захисту навколишнього середовища за методом забезпечення функціональної стійкості екосистем з використанням аерокосмічних технологій в умовах надзвичайних екологічних ситуацій на сьогоднішній день розроблена недостатньо, а визначена проблема занадто далека від свого вичерпного рішення, в зв'язку з випадками надзвичайних ситуацій, що почастишали, вона набуває особливої актуальності.

Річка – найважливіший елемент навколишнього середовища, джерело питної і промислової води, природний водний шлях, постійно поновлюване джерело гідроенергії, місцеперебування риб та інших прісноводних організмів, а також водної рослинності, що робить необхідним дбати про чистоту і збереження здоров'я всіх водойм на Землі. Відповідно до закону, землі прибережних захисних смуг перебувають у державній та комунальній власності і можуть надаватися в користування лише для цілей, встановлених водним кодексом [8, 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у розвиток теорії і практичних питань створення систем управління екологічною безпекою навколишнього природного середовища зробили такі вчені, як Аверин Г.В., Белявський Г.О., Бондар О.І., Бугор А.Н., Бусигин Б.С., Ващенко В.М., Ємець М.А., Єрмаков В.М., Іващенко Т.Г., Лялько В.І., Машков О.А., Мокін В.Б., Петрук В.Г., Попов М.О., Рудько Г.І., Соколов Ю.М., Тарарико О.Г., Трофимчук О.М., Триснюк В.М., Улицький О.А., Федоровський О.Д., Фролов В.Ф., Чумаченко С.М., Шапар А.Г., Шмандій В.М., Шматков Г.Г. та інші. Однак залишаються недостатньо висвітленими питання удосконалення підходів і методів, що поєднують теорію та практику створення інтегрованої автоматизованої системи для виконання завдань стратегічного екологічного оцінювання, оцінки впливу на довкілля, а також аналізу екологічних загроз і ризиків. У теперішній час гостро постали питання об'єднання інформаційно-логічних структур регіональних систем екологічного моніторингу, розроблення

способів та алгоритмів опрацювання моніторингової інформації та структури баз даних, визначення критеріїв комплексної оцінки стану навколишнього природного середовища. В Україні одними з провідних науковців у галузі космічних досліджень є: Лялько В.І. – спектральні характеристики рослинного покриву; Попов М.О. – прогнозування врожайності зернових культур за багатоспектральними даними дистанційного зондування Землі; Трофимчук О.М., Красовський Г.Я., Греков Л.Д., Триснюк В.М. – космічний моніторинг забруднення землі; Шумейко В.О., Сметанін К.В., Панас Р.М. – космічний моніторинг деградації ґрунтів [1–7].

Мета роботи. Метою дослідження є створення методологічних основ побудови та застосування інтелектуальної системи захисту навколишнього середовища з використанням аерокосмічних технологій.

Об'єктом дослідження є процес забезпечення екологічної безпеки навколишнього середовища з використанням аерокосмічних технологій.

Виклад основного матеріалу дослідження

Верховна Рада України прийняла закон, що встановлює розміри і межі прибережних захисних смуг водойм і обмежує господарську діяльність в межах цих захисних смуг. Законом встановлюється, що з метою охорони поверхневих водних об'єктів від забруднення і засмічення, а також збереження водності вздовж річок, морів, навколо озер, водосховищ та інших водойм, в межах водоохоронних зон виділяються земельні ділянки під прибережні захисні смуги. Закон визначає, що такі захисні смуги навколо річок і водойм для малих річок, струмків, а також ставків площею менше 3 га встановлюються шириною 25 м.

Для середніх річок, водосховищ на них і ставків більше 3 га захисна смуга встановлюється шириною 50 м, для великих річок, водосховищ та озер – шириною 100 метрів. Прибережні захисні смуги встановлюються на земельних ділянках всіх категорій земель, крім земель морського транспорту. Відповідно до закону, землі прибережних захисних смуг перебувають у державній та комунальній власності і можуть надаватися в користування лише для цілей, встановлених водним кодексом.

Рада визначила також, що режим обмеженої господарської діяльності, передбачений для прибережних захисних смуг, встановлюється і на островах. Закон спрямований на упорядкування умов та режиму ведення господарської та інших видів діяльності в межах прибережної смуги способами, які дозволять запобігти або мінімізувати негативний вплив на водні ресурси [9–11].

До великих річок відносять річки, які протікають через кілька географічних зон і мають площу водозбору більше 50 тис. км². В Україні до цієї категорії великих річок відносять сім річок: Дунай, Дніпро, Тиса, Сіверський Донець, Десна, Дністер, Південний Буг. Середні річки протікають в межах однієї географічної зони; це річки з площею водозбору в межах від 2 до 50 тис. км². На території Дніпропетровської області до них належать такі річки, як Орель, Самара, Вовча, Гайчур, Мокра Сура, Інгuleць, Базалук та інші [9, 10].

Малі річки – це ті річки, що не пересихають протягом року або пересихають на короткий час, протікають в рівнинній місцевості та мають площу водозбору менше 2 тис. км².

Найбільшою річкою України є річка Дніпро. В басейні Дніпра сконцентрований основний обсяг виробництва з переважанням "брудних" галузей промисловості (металургійна, хімічна, вугільна), найбільші енергетичні об'єкти та масиви зрошуваних земель. Найбільшими забруднювачами водних об'єктів басейну Дніпра є комунальне господарство, чорна та кольорова металургія, коксохімія, важке, енергетичне, транспортне машинобудування та сільське господарство. Дніпро на значних ділянках свого русла перетворений в каскади водосховищ, що також впливає на навколишнє середовище.

Ситуація в басейні Дніпра ускладнюється значним рівнем розвитку ерозійних процесів і руйнування берегів. Розораність території водозбору досягла 65%, а в Херсонській області і басейнах деяких малих річок – 80–85%, тоді як оптимальний рівень становить 40%. Лісистість території басейну в середньому досягає 14%, тоді як оптимальний рівень дорівнює 30%. Зростає площа еродованих земель. Продукти ерозії, потрапляючи у водні об'єкти, призводять до їх забруднення органічними сполуками, мінеральними добривами, зокрема поживними речовинами – азотом і фосфором, а також до замулення.

Малі річки басейну Дніпра, які становлять понад 90% річкової мережі басейну, несуть надзвичайне антропогенне навантаження. Висока розораність земель, надмірна насиченість їх просапними культурами, недостатня лісистість водозборів (в басейнах річок степової та лісостепової зон басейну Дніпра лісистість в 2–3 рази менше оптимального рівня) підсилюється ерозійними процесами, забрудненням і замуленням річок і водойм. Площа земель зі збереженим природним ландшафтом скрізь менше оптимальної. Ситуація ускладнюється тим, що берега і заплави річок в останні роки відведені під дачне будівництво, садівництво і городництво [11].

Використані дані супутника Landsat 8 за 2016 рік, сформована мозаїка території Дніпропетровської області, виконана класифікація даних з виділенням класу водних об'єктів і класу земель сільськогосподарського призначення. Виділені об'єкти класу сільськогосподарських земель, відстань від яких до класу водних об'єктів менше за нормативну (у середовищі Definiens Developer 7). З виділених об'єктів сформований векторний файл. Векторний шар надалі відкоригований на даних картографічного інтернет-сервісу Google шляхом інтерактивного аналізу та створення полігонів сільськогосподарських полів, що включають його об'єкти. Таким чином, сформований векторний файл полів, які розорані в межах водозахисних природоохоронних смуг. Сформовані відповідні shp-файли.

На території Дніпропетровської області виявлено 1094 порушень ведення господарської діяльності у береговій природоохоронній зоні. Види та кількість порушень наведені в таблиці 1 і детальніше в таблиці 2.

Протяжність порушень забудови у береговій природоохоронній зоні складає близько 181,763 км. В таблиці 3 наведені дані щодо протяжності порушень уздовж Дніпра і середніх річок на території Дніпропетровської області.

Таблиця 1

Вид порушення	Кількість порушень, поля	Кількість порушень, городи
Зона < 25 м біля малих річок, струмків і потоків, а також ставків площею менше 3 га	279	291
Зона < 50 м біля середніх річок, водосховищ на них і ставків площею більше 3 га	312	195
Зона < 100 м біля великих річок, водосховищ на них (Дніпро, Дніпродзержинське і Каховське водосховища на Дніпрі)	13	4

Таблиця 2

Вид водойми	< 25 м поля	< 25 м городи	< 50 м поля	< 50 м городи	< 100 м поля	< 100 м городи	Усього
велика річка Дніпро	20	23	5	5	13	4	70
середня річка Вовча	15	10	77	33	-	-	135
середня річка Базавлук	22	30	37	32	-	-	121
середня річка Мокра Сура	26	33	30	17	-	-	106
середня річка Саксагань	11	28	30	23	-	-	92
середня річка Інгулець	3	23	26	23	-	-	75
середня річка Самара	9	7	13	19	-	-	48
середня річка Орель	7	4	7	8	-	-	26
середня річка Гайчур	2	3	15	6	-	-	26
інше	164	130	72	29	-	-	395
Усього:	279	291	312	195	13	4	1094

Таблиця 3

Вид водойми	Протяжність порушень забудови, км
велика річка Дніпро	102,764
середня річка Вовча	11,343
середня річка Базавлук	3,788
середня річка Мокра Сура	11,747
середня річка Саксагань	4,803
середня річка Інгулець	10,177
середня річка Самара	32,952
середня річка Орель	3,713
середня річка Гайчур	0,476
Усього	181,763

В результаті вирішення завдань моніторингу в інтелектуальній системі захисту навколишнього середовища мають бути застосовані моделі, сукупність яких є моделлю екосистеми (району екологічного моніторингу) (рис. 1) як цілісного територіального утворення, що формується в тісному взаємозв'язку людей, природних і штучних об'єктів, які можуть перебувати під впливом процесів руйнівного характеру.

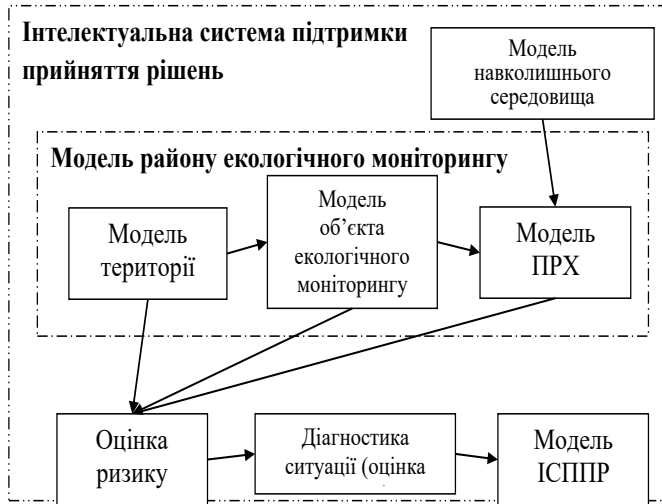


Рис. 1. Структура (модель) району екологічного моніторингу

Структурна схема інтелектуальної системи підтримки прийняття екологічних рішень системи має вигляд, наведений на рис. 2.



Рис. 2. Структурна схема інтелектуальної системи підтримки прийняття екологічних рішень системи

Ілюстраційні матеріали наведені на рисунках 3-5.



Рис. 3. Городи розташовані менше ніж за 20 м від Дніпра (норматив відстані для великої ріки дорівнює 100 м)



Рис. 4. Старі Кодаки – менше ніж 30 м від Дніпра

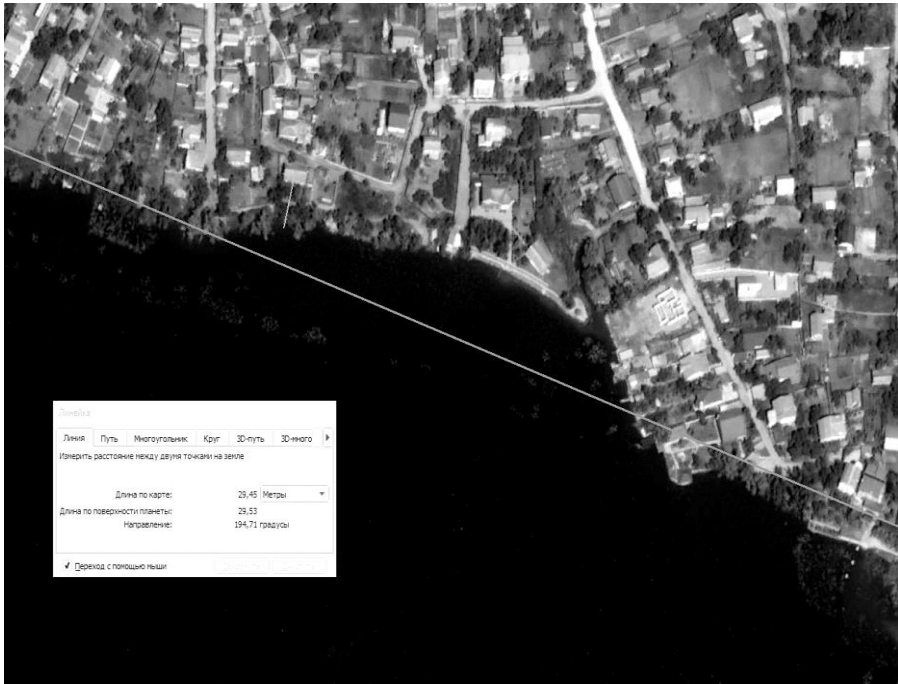


Рис. 5. Житловий масив Придніпровський – менше ніж 30 м від Дніпра

Висновки

З застосуванням системи штучного інтелекту виконана робота по оцінці порушень нормативу природоохоронних водозахисних смуг уздовж Дніпра і декількох середніх річок на території Дніпропетровської області. Застосування штучного інтелекту дозволяє сформувати векторні шари сільськогосподарських полів, розташованих в зоні водозахисних смуг, а також по лінії забудови вздовж берегів річок, елементи якої порушують нормативи відстані до водних об'єктів.

Діагностика та прогнозування ситуацій з використанням аерокосмічних технологій передбачає застосування з множини моделей об'єктів екосистеми в інтелектуальній системі захисту навколишнього середовища і території з різним ступенем екологічних загроз. Такий підхід дозволяє виконувати просторово-розподілену оцінку екологічного ризику та діагностику екологічної ситуації в екосистемах.

Модель інтелектуальної системи захисту навколишнього середовища враховує формалізовані метапроцедури та дозволяє в будь-який момент часу прогнозувати екологічний стан екосистеми та оцінювати екологічні ризики для конкретних екологічних об'єктів при виникненні надзвичайних екологічних ситуацій в умовах ліміту часу.

Методика застосування аерокосмічних технологій для вирішення екологічних завдань системою штучного інтелекту дозволяє комплексувати дані екологічного моніторингу від різних джерел спостереження: стаціонарних пунктів спостереження, наземних мобільних комплексів, дистанційно пілотованих літальних апаратів, космічних систем ДДЗ.

Застосування аерокосмічних технологій при управлінні екологічною безпекою за допомогою систем штучного інтелекту передбачає наступні етапи: ідентифікація факторів ризику, оцінка ризику, управління ризиком в екосистемі. Формалізація завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою штучних інтелектуальних систем з застосуванням аерокосмічних технологій враховує: геологію і ресурси надр (в т.ч. підземних вод), гідрологію і поверхневі водні ресурси, лісові ресурси і рослинний покрив, впливи на довкілля, тваринний світ, атмосферне повітря, атмосферні опади і сніговий покрив, комунікаційні об'єкти, сільське господарство, використання і розвиток територій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Красовський Г.Я., Трофимчук О.М., Крета Д.Л., Клименко В.І., Пономаренко І.Г., Суходубов О.О. Синтез картографічних моделей забруднення земель техногенним пилом з використанням космічних знімків // Екологія і ресурси. – К.: ПНБ, 2005. – №12. – С. 37–55.
2. Trofymchuk, O., Kalyukh, Y., Hlebchuk, H. [2013]. Mathematical and GIS-modeling of landslides in kharkiv region of Ukraine. Landslide Science and Practice: Spatial Analysis and Modelling. – Springer, Berlin, Heidelberg. 347-352.
3. Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду. Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2021. – 343 с. // ISBN 978-617-7468-53-9.
4. Машков О.А.; Триснюк В.М.; Мамчур Ю.В.; Жукаускас С.В.; Нігородова С.А.; Курило А.В. Новий підхід до синтезу відновлюючого керування для дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного моніторингу. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: наук.-техн. журн. – Івано-Франківськ : Симфонія форте. – 2019. № 1. (19) 2019. С. 69–77. <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/162108/03-Mashkov.pdf?sequence=1>
5. Андреев С.М. Розробка картографічних моделей морських акваторій та прибережних територій з застосуванням геоінформаційних технологій / Андреев С.М., Крета Д.Л., Радчук В.В. // "Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами з надзвичайних ситуацій": матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф. – Київ – Харків – АР Крим, 2008. – С. 112–117.
6. Trysnyuk, V.M., Okhariev, V.O., Trysnyuk, T.V., Zorina, O.V., Kurylo, A.V., Golovan, Y.V., Smetanin, K.V., Radlowska, K.O. [2019]. Improving the algorithm of satellite images landscape interpretation. 18th International Conference Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects, Extended Abstracts.
7. V. Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin. Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding. Centrul Universitar Nord Din Bala Mare – UTPRESS ISSN 1582-0548, №1, 2018. P. 61–67.
8. <https://delo.ua/ukraine/verhovnaja-rada-zapretila-stro-148398/@delo.ua>
9. <http://iportal.rada.gov.ua/ru/news/page/news/Novosty/Sobshchenyya/36927.html>
10. Law No. 2740-VI from 02.12.2010 “On Amendments to the Water and Land Codes of Ukraine Regarding Coastal Protection Stripes” (the draft law was registered under No. 2642)
11. Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine On the National Program for Environmental Improvement of the Dnieper Basin and Improvement of Drinking Water Quality, Kyiv, February 27, 1997, No. 123/97-VR.

Стаття надійшла до редакції 02.01.2025 і прийнята до друку після рецензування 18.03.2025

REFERENCES

1. Krasovsky, G.Ya., Trofymchuk, O.M., Kreta, D.L., Klymenko, V.I., Ponomarenko, I.G., & Sukhodubov, O.O. (2005). Synthesis of cartographic models of land pollution by man-made dust using space images. *Ecology and resources*, 12, 37-55 [in Ukrainian].
2. Trofymchuk, O., Kalyukh, Y., & Hlebuch, H. (2013). Mathematical and GIS-modeling of landslides in Kharkiv region of Ukraine. In *Landslide Science and Practice: Spatial Analysis and Modelling* (pp. 347-352). Springer, Berlin, Heidelberg.
3. Trofymchuk, O.M., Adamenko, O.M., & Trysnyuk, V.M. (2021). Geoinformation technologies for environmental protection of the nature reserve fund. Ivano-Frankivsk: Suprun V.P. ISBN 978-617-7468-53-9 [in Ukrainian].
4. Mashkov, O.A., Trysnyuk, V.M., Mamchur, Y.V., Zhukauskas, S.V., Nigorodova, S.A., & Kurylo, A.V. (2019). A new approach to the synthesis of restorative control for remotely piloted aerial vehicles for environmental monitoring. *Environmental safety and balanced resource use: science and technology journal*, 1(19), 69-77 [in Ukrainian].
5. Andreyev, S.M., Kreta, D.L., & Radchuk, V.V. (2008). Development of cartographic models of marine areas and coastal areas using geoinformation technologies. In *"Modern information technologies for managing environmental safety, nature use, and emergency measures": materials of the VII int. scientific-practical conf.* (pp. 112-117). Kyiv – Kharkiv – AR Crimea.
6. Trysnyuk, V.M., Okhariev, V.O., Trysnyuk, T.V., Zorina, O.V., Kurylo, A.V., Golovan, Y.V., Smetanin, K.V., & Radlowska, K.O. (2019). Improving the algorithm of satellite images landscape interpretation. In *18th International Conference Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects*, Extended Abstracts.
7. Trysnyuk, V., Trysnyuk, T., Okhariev, V., Shumeiko, V., & Nikitin, A. (2018). Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding. *Centrul Universitar Nord Din Bala Mare UTPRESS ISSN 1582-0548*, 1, 61–67.
8. Retrieved from <https://delo.ua/ukraine/verhovnaja-rada-zapretila-stro-148398/@delo.ua>
9. Retrieved from <http://iportal.rada.gov.ua/ru/news/page/news/Novosty/Sobshchenyya/36927.html>
10. Law no. 2740-VI from 02.12.2010 "On Amendments to the Water and Land Codes of Ukraine Regarding Coastal Protection Stripes" (the draft law was registered under No. 2642).
11. Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine On the National Program for Environmental Improvement of the Dnieper Basin and Improvement of Drinking Water Quality, Kyiv, February 27, 1997, No. 123/97-VR.

The article was received 02.01.2025 and was accepted after revision 18.03.2025

Машков Олег Альбертович

професор кафедри екологічної безпеки Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України

Адреса робоча: Україна, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9227-4647> **e-mail:** mashkov_oleg_52@ukr.net

Присяжний Володимир Ілліч

Начальник Національного центру управління та випробувань космічних засобів Державного космічного агентства України

Адреса робоча: Україна, м. Київ, вул. Князів Острозьких, 8
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7825-9037> **e-mail:** ncvukz@spacecenter.gov.ua