



КОСМІЧНЕ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У КЛЮЧОВИХ СФЕРАХ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ УКРАЇНИ



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**КОСМІЧНЕ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У КЛЮЧОВИХ СФЕРАХ
НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ
УКРАЇНИ**

Монографія

За редакцією доктора економічних наук,
професора О.В. Скидана

Житомир – 2022

УДК528.8:351.861(477)
К71

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Поліського національного університету
Протокол № 10 від 29 червня 2022 року*

Рецензенти:

Ю.О. Лупенко, доктор економічних наук, професор, академік НААН, Заслужений діяч науки і техніки України, директор Національного наукового центру «Інститут аграрної економіки» НААН.

О.А. Машков, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри екологічного моніторингу та геоінформаційних технологій Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

О.Г. Тараріко, доктор сільськогосподарських наук, академік НААН, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, головний науковий співробітник лабораторії аерокосмічного зондування агросфери Інституту агроекології і природокористування НААН.

Авторський колектив:

Скидан О.В., Даник Ю.Г., Федонюк Т.П., Николук О.М., Пивовар П.В., Брухно І.В., Данкевич В.Є., Топольницький П.П., Вишняков В.Ю., Янчевський С.Л.

К71 Космічне та геоінформаційне забезпечення прийняття рішень у ключових сферах національної безпеки і оборони України : монографія / О. В. Скидан, Ю. Г. Даник, Т. П. Федонюк та ін. ; за ред. О. В. Скидана. Житомир : Поліський національний університет, 2022. 356 с.

ISBN 978-617-7684-81-6

У монографії представлено архітектуру і технічну складову системи космічного та геоінформаційного забезпечення прийняття рішень у ключових сферах національної безпеки і оборони України, зокрема у сфері продовольчої, екологічної, соціально-економічної та воєнної безпеки.

© Авторський колектив, 2022
© Поліський національний
університет, 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ.....	8
1.1. Сучасний стан та основні тенденції розвитку систем підтримки прийняття рішень у сфері національної безпеки і оборони.....	8
1.2. Теоретичні основи побудови системи підтримки прийняття рішень у сфері національної безпеки і оборони.....	18
1.3. Архітектура системи підтримки прийняття рішень у сфері національної безпеки і оборони України.....	26
1.4. Наземний інформаційний комплекс космічного моніторингу Землі Поліського національного університету «Регіон».....	38
1.5. Наземний інформаційний комплекс космічного моніторингу Землі Національного центру управління та випробувань космічних засобів Державного космічного агентства України.....	54
РОЗДІЛ 2. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ.....	64
2.1. Аналіз сільських територій України на основі продукту ESA WorldCover 2020.....	64
2.2. Оцінка рівня продовольчої безпеки країни на базі програмного середовища ArcGIS: кейс Житомирської області.....	76
2.3. Моніторинг використання сільськогосподарських угідь для забезпечення продовольчої безпеки із застосуванням систем дистанційного зондування Землі.....	98
2.4. Управління продовольчою безпекою в умовах війни: внутрішні та зовнішні виклики.....	105
2.5. Підсистема інформаційного забезпечення прийняття агрополітичних рішень “Prod-M” для забезпечення продовольчої безпеки.....	110
РОЗДІЛ 3. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	121
3.1. Використання космічної інформації в системі інформаційного забезпечення управління природоохоронними територіями.....	121

3.2.	Використання геоінформаційних технологій в системі забезпечення біобезпеки та біологічного захисту ландшафтів.....	160
3.3.	Інтегрована система управління ризиками пожежної небезпеки лісових ландшафтів з використанням геоінформаційних систем.....	170
3.4.	Інформаційне забезпечення управління лісовими ресурсами з використанням дистанційного зондування Землі.....	200
3.5.	Соціально-економічний ефект підтримки прийняття рішень у сфері екологічної безпеки.....	210
РОЗДІЛ 4.	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	215
4.1.	Геопортальні технології як складова забезпечення прийняття управлінських рішень.....	215
4.2.	Аналіз геопросторових даних на рівні територіальної громади.....	223
4.3.	Методика розробки геопросторового забезпечення громади.....	233
4.4.	Оцінка соціальної безпеки населення в умовах надзвичайних ситуацій (на прикладі коронавірусної інфекції COVID-19).....	289
РОЗДІЛ 5.	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ ВОЄННОЇ БЕЗПЕКИ: KEYС БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА.....	303
5.1.	Нормативно-правова база висвітлення морської обстановки.....	303
5.2.	Аналіз закордонних систем висвітлення морської обстановки.....	309
5.3.	Характеристика морської діяльності в акваторіях Чорного та Азовського морів.....	322
5.4.	Аналіз можливостей та оцінка ефективності існуючої системи висвітлення морської обстановки України.....	326
5.5.	Можливості моніторингу надводної обстановки з використанням даних дистанційного зондування Землі.....	333
5.6.	Тематичне оброблення даних дистанційного зондування Землі в інтересах висвітлення надводної обстановки.....	345
ВИСНОВКИ.		350

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Дистанційне зондування Землі	ДЗЗ
Геоінформаційні системи	ГІС
Національний центр управління та випробувань космічних засобів Державного космічного агентства України	НЦУВКЗ ДКАУ
Високотехнологічний оборонний кластер	ВОК
Регіональний інноваційно-космічний кластер «Полісся»	РІКК «Полісся»
Природно-заповідний фонд	ПЗФ
Наземний інформаційний комплекс космічного моніторингу Землі «Регіон»	НІККМЗ «Регіон»
Космічні апарати	КА
Спеціальна інформація	СІ
Системи підтримки прийняття рішень	СППР
Бази даних	БД
Інфраструктура геопросторових даних	ІГД
Бортова спеціальна апаратура	БСА
Збройні сили України	ЗСУ
Державна інтегрована інформаційна система висвітлення надводної та підводної обстановки в акваторії Чорного і Азовського морів та басейнах річок Дніпро і Дунай	ДІІ СВНПО

ВСТУП

Сучасні загрози сталого розвитку України, які негативно впливають на рівень національної безпеки і оборони держави, пов'язані, зокрема, з деформацією структури економіки як з точки зору оптимальних критеріїв самозабезпечення та зовнішньоекономічної спеціалізації, так і з науково-технологічних, соціальних і екологічних позицій; з тим, що пропонувані наукові результати світового рівня не знаходять застосування в економіці через невисоку сприйнятливість підприємницького сектору до інновацій; низьким техніко-технологічним рівнем виробництва; розвитком екологічно небезпечних виробництв; зростанням негативного впливу на екологічну ситуацію та здоров'я населення процесів, пов'язаних із поводженням з відходами; відтоком кваліфікованих кадрів; старінням та погіршенням стану здоров'я населення тощо. Негативний вплив зазначених загроз активізувався в умовах реалізації сучасних викликів національній безпеці і обороні України внаслідок відкритої агресії російської федерації, яка характеризується активним і всеохоплюючим застосуванням високотехнологічних засобів і способів агресивних деструктивних дій і впливів.

При цьому сучасні стратегічні і тактичні задачі розвитку України, а саме намагання інтегруватися до європейського співтовариства, роблять економічне зростання однією із найактуальніших проблем сучасності. Подолання соціально-економічної, продовольчої, екологічної, оборонної криз неможливе без активізації інноваційної діяльності, розробки і впровадження сучасних інструментів та механізмів вирішення проблем в зазначених сферах. Особливої уваги потребує питання удосконалення системи космічного та геоінформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень у ключових сферах національної безпеки і оборони України, що є необхідною передумовою для забезпечення ефективного управління усіма процесами, пов'язаними з безпекою і обороною держави.

Аналіз та оцінка відомих теоретичних підходів до побудови таких систем та результати їх практичного застосування виявляють наявність широкого спектру недоліків методологічного, технологічного, функціонального характеру. Відсутність комплексного підходу до розуміння сутності і особливостей проблематики національної безпеки і оборони, концентрація уваги на розгляді лише окремих її складових без врахування тісного взаємозв'язку між ними не дають можливості досягти вагомих результатів у питанні формування високого рівня національної безпеки і оборони держави.

Слід окремо відзначити невирішені проблеми формування сучасної інфраструктури для забезпечення прийому та попередньої обробки космічної інформації у вигляді наземних інформаційних комплексів космічного моніторингу Землі та програмно-технічних комплексів управління геопросторовими даними. Така ситуація не дає можливості отримувати оперативну інформацію в режимі, наближеному до реального часу та,

відповідно, знижує оперативність прийняття адекватних управлінських рішень.

Таким чином, має місце та потребує вирішення актуальна науково-прикладна проблема розробки теоретико-методологічного та організаційно-практичного забезпечення створення сучасної системи космічного та геоінформаційного забезпечення прийняття рішень у ключових сферах національної безпеки і оборони України.

Основним шляхом розв'язання вказаної проблеми є розгляд процесу побудови та функціонування системи космічного та геоінформаційного забезпечення прийняття рішень в ключових сферах національної безпеки і оборони України як трирівневої (держава, регіон, громада) з відкритою архітектурою, що забезпечує її здатність вчасно ідентифікувати нові загрози і виклики національній безпеці та обороні, оперативно їх опрацьовувати та надавати інформацію зацікавленим споживачам для прийняття всебічно обґрунтованих та виважених рішень політичного, соціально-економічного, екологічного та воєнного характеру. Цим досягається комплексність підходу до проблематики національної безпеки і оборони, урахування усіх основних її складових та взаємозв'язків між ними, що забезпечує високу надійність і ефективність системи підтримки прийняття рішень у сфері національної безпеки і оборони держави.

Основою побудови і функціонування системи космічного та геоінформаційного забезпечення прийняття рішень в ключових сферах національної безпеки і оборони України є вирішення завдань розвитку сучасної інфраструктури для забезпечення прийому та обробки космічної інформації; обґрунтування необхідності створення інноваційних структур, функціонування яких сприятиме вирішенню проблематики національної безпеки і оборони, зокрема кластерів; розробка методологічних засад щодо використання космічних та геоінформаційних технологій у прийнятті рішень щодо вирішення проблем продовольчої, екологічної, соціально-економічної та воєнної складових національної безпеки і оборони; створення та імплементація підсистем космічного та геоінформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень в ключових сферах національної безпеки і оборони України; відпрацювання практичних кейсів космічного та геоінформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень у ключових сферах національної безпеки і оборони України.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ

1.1. Сучасний стан та основні тенденції розвитку систем підтримки прийняття рішень у сфері національної безпеки і оборони

В останнє десятиріччя різко зросли загрози міжнародній та національній безпеці, які обумовлені жорстким суперництвом за перерозподіл сфер впливу, передусім в енергетичному секторі світового господарства. Це проявляється все більш неоднозначним впливом процесів глобалізації на розвиток різних країн та все більш очевидною схильністю до застосування силових методів при реалізації національних інтересів. Внаслідок цього накопичений потенціал загроз національній безпеці досяг рівня, за якого без розробки і впровадження цілеспрямованої системної державної політики захисту національних інтересів та належних механізмів її реалізації на порядку денному може постати питання про існування окремих країн¹. Наразі це питання гостро постало і для України.

З метою реагування на сучасні виклики Указом Президента України від 14 вересня 2020 року № 392/2020 затверджено Стратегію національної безпеки України. Стратегія ґрунтується на засадах стримування (розвиток оборонних і безпекових спроможностей для унеможливлення збройної агресії проти України), стійкості (здатність суспільства та держави швидко адаптуватися до змін безпекового середовища й підтримувати стале функціонування, зокрема шляхом мінімізації зовнішніх і внутрішніх уразливостей), взаємодії (розвиток стратегічних відносин із ключовими іноземними партнерами, насамперед з Європейським Союзом і НАТО та їх державами-членами, США, прагматичне співробітництво з іншими державами та міжнародними організаціями на основі національних інтересів України)².

Україна запроваджує національну систему стійкості для забезпечення високого рівня готовності суспільства і держави до реагування на широкий спектр загроз, що передбачатиме: оцінку ризиків, своєчасну ідентифікацію загроз і визначення вразливостей; ефективне стратегічне планування і кризовий менеджмент, зокрема впровадження універсальних протоколів реагування на кризові ситуації та відновлення з урахуванням рекомендацій НАТО; дієву координацію та чітку взаємодію органів сектору безпеки і оборони, інших державних органів, територіальних громад, бізнесу, громадянського суспільства і населення у запобіганні й реагуванні на загрози

¹Ситник Г. П. Державне управління у сфері національної безпеки (концептуальні та організаційно-правові засади) : підручник. Київ : НАДУ, 2012. 544 с.

²Про Стратегію національної безпеки України : Указ Президента України від 14 вересня 2020 р. № 392/2020. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/3922020-35037>

та подоланні наслідків надзвичайних ситуацій; поширення необхідних знань і навичок у цій сфері; налагодження та підтримання надійних каналів комунікації державних органів із населенням на всій території України.

Стратегія є основою для розроблення таких документів щодо планування у сферах національної безпеки і оборони, які визначатимуть шляхи та інструменти її реалізації: Стратегія людського розвитку; Стратегія воєнної безпеки України; Стратегія громадської безпеки та цивільного захисту України; Стратегія розвитку оборонно-промислового комплексу України; Стратегія економічної безпеки; Стратегія енергетичної безпеки; Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату; Стратегія біобезпеки та біологічного захисту; Стратегія інформаційної безпеки; Стратегія кібербезпеки України; Стратегія зовнішньополітичної діяльності; Стратегія забезпечення державної безпеки; Стратегія інтегрованого управління кордонами; Стратегія продовольчої безпеки; Національна розвідувальна програма³.

У Стратегії визначені поточні та прогнозовані загрози національній безпеці та національним інтересам України, зокрема: стрімко зростає роль інформаційних технологій у всіх сферах суспільного життя; розробляються системи озброєнь на основі нових фізичних принципів, із використанням квантових, інформаційних, космічних, гіперзвукових, біотехнологій, технологій у сфері штучного інтелекту тощо; сучасна модель глобалізації уможливорює поширення міжнародного тероризму та міжнародної злочинності у кіберпросторі; поширення коронавірусної хвороби виявляє критичні проблеми в інформаційній та інших сферах, що загрожує національним інтересам та національній безпеці України.

Орієнтиром для розвитку України у сфері національної безпеки і оборони є також міжнародні нормативно-правові акти. Так у вересні 2015 р. у Нью-Йорку відбувся Саміт ООН зі сталого розвитку. Підсумковим документом Саміту «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року» було затверджено 17 Цілей сталого розвитку. 30 вересня 2019 р. видано Указ Президент України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», в якому підтримано забезпечення досягнення глобальних цілей сталого розвитку та результатів їх адаптації з урахуванням специфіки розвитку України, викладених у Національній доповіді «Цілі сталого розвитку: Україна»⁴.

На урядовому рівні зараз відбувається процес формування Міжвідомчої робочої групи з питань забезпечення досягнення Цілей сталого розвитку, тимчасового консультативно-дорадчого органу Кабінету Міністрів України, для забезпечення узгодження дій органів виконавчої влади щодо досягнення глобальних цілей в Україні. Україна зобов'язалась здійснити Добровільний

³Про Стратегію національної безпеки України : Указ Президента України від 14 вересня 2020 р. 392/2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392/2020#n12>.

⁴Цілі сталого розвитку та Україна. *Урядовий портал*. URL: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvitku-ta-ukrayina>

національний огляд щодо досягнення Цілей сталого розвитку та представила його під час Політичного форуму високого рівня зі сталого розвитку під егідою ЕКОСОР 10-17 липня 2020 р. у м. Нью-Йорк. Наразі під егідою Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України сформована робоча група з даних питань.

Важливою складовою планування і реалізації вищезазначених стратегічних орієнтирів розвитку країни є наявність відповідних даних та формування інформаційних СППР. Сучасний етап розвитку суспільства пов'язаний із стрімким технологічним зростанням та розвитком інформаційного суспільства, у якому завдяки широкому використанню інформаційно-комунікаційних технологій суттєво збільшується інтенсивність обміну даними, а основним типом діяльності стає обробка інформації та генерування нових знань. Завдяки сучасним темпам розвитку інформаційних технологій СППР знаходять усе більш широке використання у різних сферах діяльності та постійно вдосконалюються. Враховуючи існуючі можливості застосувань, інтерес до СППР, як до перспективного напрямку забезпечення підтримки прийняття рішень і потужного інструменту підвищення ефективності праці у сфері управління, безперервно зростає⁵.

Знання і управління знаннями є невід'ємною частиною системи управління та СППР. Існує п'ять методів обробки інформації першого рівня і чотири методи обробки інформації другого рівня. СППР, яка реалізує або сприяє сполученню цих дев'яти класів обробки знань, може реально покращити продуктивність управлінських рішень. Розробники СППР мають враховувати наступні фактори: наукомісткий характер процесу прийняття рішень; процес прийняття рішень орієнтується на знання; застосування атрибутів знань; застосування багаторівневих і багатосторонніх схем прийняття рішень; застосування дворівневої системи обробки знань, яка приймає активну участь в розробці управлінських рішень; застосування в СППР методів управління знаннями в сучасній науці та практиці підвищується.

Основні ідеї архітектури СППР були розроблені у 70-80-х роках ХХ сторіччя. У подальшому ці ідеї були конкретизовані і розроблені у декількох напрямках. Створені інформаційні системи можна класифікувати наступним чином: 1) текстові СППР; 2) гіпертекстові СППР; 3) орієнтовані на використання баз даних та сховищ даних СППР; 4) табличні СППР; 5) орієнтовані на моделі СППР; 6) СППР, які використовують штучний інтелект; 7) гібридні СППР; 8) групові СППР⁶.

Одна з основних потреб керівника – обґрунтування того чи іншого управлінського рішення. Процес прийняття рішення завжди починається з того моменту, коли виникає будь-яка проблемна ситуація, яка вирішується

⁵Ковтунець В. В., Нестеренко О. В., Савенко О. І. Безпека систем підтримки прийняття рішень : навч. посібник. Київ : Нац. акад. управління, 2016. 190 с.

⁶Міхалевська Г. І., Міхалевський В. Ц. Критерії оптимізації та побудови математичної моделі для систем підтримки прийняття рішень. *Вісник Хмельницького нац. університету*. 2018. Т. 2, № 6. С. 135–140.

вибором одного із розроблених рішень. Це рішення повинно усунути дану проблемну ситуацію. Коли система працює без збоїв і відхилень, керівнику не потрібно втручатися в систему. Керівник стає необхідним в тому випадку, коли в системі з'являються будь-яка невизначеність, невідомість або ризик.

Раціональність управлінських рішень значною мірою залежить від самого процесу їх підготовки та прийняття. В теорії управління будь-який процес прийняття управлінських рішень складається із таких етапів: 1) підготовка і прийняття рішення. 2) реалізація прийнятого рішення. 3) оцінка наслідків реалізації результатів. Аналізуючи методики системного аналізу, можна визначити, що для прийняття рішення необхідно пройти такі етапи: виявлення проблем і постановка цілей; розробка варіантів і моделей прийняття рішення; оцінка альтернатив, пошук рішення і його реалізації; оцінка ефективності рішень і наслідків їх реалізації⁷.

СППР набули широкого застосування в економіках різних країн, причому їхня кількість постійно зростає. Орієнтовані на операційне управління СППР застосовуються в маркетингу (для прогнозування й аналізу збуту, дослідження ринку і цін), для виконання науково-дослідних і конструкторських робіт, в управлінні кадрами, виробництвом тощо. Найбільша частка комп'ютерної підтримки різних функцій припадає на стратегічне планування, управління і розвиток підприємств, операційне управління й розподіл ресурсів.

Найвідомішими комерційними реалізаціями СППР є такі:

- СППР “Marketing Expert” забезпечує підтримку прийняття рішень на всіх етапах розроблення стратегічного і тактичного планів маркетингу та контролю за їхньою реалізацією;

- СППР “Decision Grid” – програмна оболонка для автоматизації процесу зіставлення дискретних альтернатив за багатьма критеріями;

- інтерактивна система планування фінансів “IFPS” підтримує процеси розв'язування таких задач: добір балансових підсумків, розподіл прибутку за статтями доходів, передбачення змін валютних курсів, прогнозування, аналіз ризику, розроблення стратегії збуту продукції, відбір науково-дослідних проєктів, стратегічне планування, планування прибутку і бюджету, вибір між стратегіями закупівлі або виготовлення продукції власними силами тощо;

- СППР “Analytica 2.0” – це графічно-орієнтований інструментальний засіб для створення, аналізу і поєднання кількісних бізнес-моделей;

- Project “Expert Professional” – програмний продукт для середніх і великих підприємств, дає змогу проаналізувати доцільність відкриття нових напрямів бізнесу й альтернативні сценарії розвитку, визначити ефективність інвестицій із використанням інструментарію оцінювання вартості бізнесу;

- “Project Expert Lite” – версія для малого підприємства, яка дає змогу швидко розробити бізнес-план відповідно до міжнародних стандартів з метою подання в банк та одержання кредиту;

⁷Щедрина О. І. Системний аналіз як інструмент прийняття управлінських рішень в бізнесі. URL: https://kneu.edu.ua/userfiles/zb_mise/99/15.pdf.

– “Project Expert Standard” – для відділів планування й розвитку невеликих підприємств⁸.

Розробка СППР є складною проблемою, оскільки вона має включати розробників та спеціалістів системи для забезпечення когнітивної відповідності між СППР та особою, яка приймає рішення, щоб ефективність прийняття рішень була максимальною. Етап перевірки процесу розробки СППР дуже важливий, оскільки він визначає, наскільки впроваджена система задовольняє цілі та очікування користувача. Щоб зменшити людські помилки, потрібен персонал, навчений ІТ, а також відповідні спеціалісти. СППР, яка уже використовувалася раніше, вважається вигідною і необхідною, щоб скоротити час реакції в процесі прийняття рішень, щоб результати були включені у відповідний курс дій.

В умовах сучасного складного динамічного середовища, що характеризується постійною невизначеністю та мінливістю політичних, економічних і соціальних факторів, основою успішного функціонування господарюючих суб'єктів є ухвалення адекватних управлінських рішень. Сучасні СППР є системами, максимально пристосованими до вирішення задач повсякденної управлінської діяльності, і є інструментом, покликаним надати допомогу особам, що приймають рішення.

Інтерес до СППР як до перспективного напрямку використання обчислювальної техніки і як до інструментарію підвищення ефективності праці у сфері управління економікою постійно зростає. За допомогою СППР, в яких сконцентровані потужні методи математичного моделювання, теорії управління, інформаційних технологій, може здійснюватися вибір рішень деяких неструктурованих і слабоструктурованих задач, у тому числі й багатокритеріальних. Тому СППР, як правило, є результатом міждисциплінарного дослідження, що включає теорії баз даних, штучного інтелекту, інтерактивних комп'ютерних систем, методів імітаційного моделювання тощо⁹.

У глобалізованому і все більш складному та динамічному суспільстві особи, які приймають рішення, повинні мати необхідні здібності, щоб приймати рішення краще та швидше. Починаючи з кінця 1970-х років, багато практиків і дослідників зосередилися на розробці комп'ютерних систем, які допомагають менеджерам приймати рішення на основі наукових підходів. Ця ініціатива породила великий оптимізм щодо перспектив покращення процесу прийняття рішень¹⁰.

Термін СППР має багато трактувань, але в основному його можна охарактеризувати як модельний набір процедур обробки даних і суджень для

⁸Прийняття управлінських рішень : навчальний посібник / [Ю.С. Петруня, Б.В. Літовченко, Т. О. Пасічник та ін.]; за ред. Ю.С. Петруні. 4-те вид., переробл. і доп. Дніпро : Університет митної справи та фінансів, 2020. 276 с.

⁹Системи підтримки прийняття рішень : навч. посібник / [уклад.: С. М. Братушка, С. М. Новак, С. О. Хайлук]. Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2010. 265 с.

¹⁰Power J. Daniel. Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers. Westport : Greenwood Publishing Group, 2002. 247 p.

допомоги особам, які приймають рішення, розташованих на різних рівнях ланцюга управління. СППР стимулює осіб, які приймають рішення, покращувати процес прийняття рішень і приймати правильне рішення, щоб отримати високі та швидкі результати. Це також допомагає особам, які приймають рішення, розширювати свої можливості, але не замінює їх рішень. СППР також розглядаються як технологія, яка допомагає передати правильні знання тим, хто приймає правильні рішення, у потрібний час у правильному представленні та за належних витрат¹¹.

У військовій сфері ця система може підтримувати військових командирів у їхній основній роботі щодо прийняття правильних, своєчасних рішень. Звичайні або структуровані звіти часто не допомагають, оскільки вони можуть містити дані, які можуть надходити в надто великому обсязі, у неправильній формі або недостатньо вчасно. СППР розроблено для своєчасного надання відповідної інформації в легкому для розуміння форматі¹². Таким чином, структурно СППР має чотири основні компоненти: підсистему управління даними, модель підсистеми управління, інтерфейс користувача та користувачів. Існують деякі вдосконалені СППР, які також містять підсистему управління знаннями. Перші три компоненти розглядаються як частини програмного забезпечення, а останні намагаються включати особи, що приймають рішення. Багаторівнева архітектура надає потужні інструменти для розпізнавання та вирішення проблем під час процесу прийняття рішень. В результаті військовий командир виконує конкретне завдання рішення на основі постійного діалогу з системою.

Сьогодні для аналізу великих обсягів даних застосовують найпередовіші методи: штучні нейронні мережі – моделі, побудовані за принципом організації та функціонування біологічних нейронних мереж; методи предиктивної аналітики, статистики та “Natural Language Processing” (напрями штучного інтелекту та математичної лінгвістики, які вивчають проблеми комп’ютерного аналізу та синтезу природних мов). Використовуються також і методи, які залучають людей експертів, чи краудсорсинг, А/В тестування, сентимент-аналіз тощо.

Для візуалізації результатів застосовуються відомі методи, наприклад, хмари тегів і зовсім нові “Clustergram”, “History Flow” і “Spatial Information Flow”. “Великі дані” підтримуються технологією розподілених файлових систем “Google File System”, “Cassandra”, “HBase”, “Lustre” і “ZFS”, програмними конструкціями “MapReduce” і “Hadoop” і безліччю інших рішень.

За оцінками експертів, наприклад, “McKinsey Institute”, під впливом “великих даних” найбільшої трансформації зазнає сфера виробництва,

¹¹Schuster W. Edmund, Allen J. Stuart, Brook L. David. Global RFID: The Value of the EPCGlobal Network for Supply Chain Management. Berlin : Springer-Verlag, 2007. 292 p.

¹²Turban Efraim, Aronson E. Jay, Liang Ting-Peng. Decision Support Systems and Intelligent Systems. Ed. 7th. New Jersey : Pearson/Prentice Hall, 2005. 292 p.

охорони здоров'я, торгівлі, адміністративного управління та контролю над індивідуальними переміщеннями¹³.

Нові засоби для аналізу потрібні тому, що даних стає не просто більше, ніж раніше, а більше їхніх зовнішніх і внутрішніх джерел, тепер вони складніші й різноманітніші (структуровані, неструктуровані та квазіструктуровані), використовуються різні схеми індексації (реляційні, багатовимірні, noSQL). Колишніми способами впоратися з даними вже неможливо – “Big Data Analytics” поширюється на великі та складні масиви, тому ще вживають терміни “Discovery Analytics” (що відкриває аналітика) і “Exploratory Analytics” (що пояснює аналітика).

Найчастіше як базовий принцип опрацювання великих даних використовують “SN-архітектуру” (“Shared Nothing Architecture”), яка забезпечує масивно-паралельну обробку, що масштабується без деградації на сотні та тисячі вузлів обробки¹⁴. “McKinsey”, на відміну від пропонованих більшістю аналітиків інформаційних технологій “NoSQL”, “MapReduce”, “Hadoop”, “R”, також розглядає використання для опрацювання великих даних технології “Business Intelligence” і системи управління реляційними базами даних, які підтримують мову “SQL”. Одна з найперспективніших інформаційних технологій, яку доцільно застосовувати для роботи з “великими даними”, – це простір даних. Простір даних – блоковий вектор, структурними елементами якого є множини інформаційних продуктів для подання особливостей предметної області¹⁵.

В сучасних умовах діджиталізації та широкого використання геоінформаційних та космічних технологій отримання інформації розширюються можливості її використання. В умовах російської агресії значна увага приділяється використанню сучасних геоінформаційних технологій отримання інформації для цілей національної безпеки і оборони. Так, з 1 січня 2021 р. набрав чинності Закон України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних”¹⁶. Цей Закон встановлює загальні правові основи створення, функціонування та розвитку національної інфраструктури геопросторових даних, спрямованої на забезпечення ефективного прийняття управлінських рішень органами державної влади та місцевого самоврядування, задоволення потреб суспільства в усіх видах географічної інформації, інтегрування в глобальну і європейську інфраструктуру геопросторових даних. Іншим нормативним актом, що пришвидшив широке використання геоінформаційних та космічних

¹³Верес О. М. Аспекти прояву невизначеності в процесах розроблення систем підтримки прийняття рішень. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/jun/12875/5veresomaspektiproayavune.pdf>

¹⁴Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity / Manyika J., Chui M., Brown B. et al. Chicago : McKinsey Global Institute, 2011. 156 p.

¹⁵ Shakhovska N. B., Bolubash Yu. Ja., Veres O. M. Big Data Federated Repository Model. *The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADMS'2015)* : Proc. of the XIII Int. Conf. (Ukraine, Polyana-Svalyava, February 24–27, 2015). Lviv : Publishing Lviv Polytechnic, 2015. P. 382–384.

¹⁶Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 р. № 554-IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2020. № 37, ст. 277.

технологій, став Указ Президента України № 260/2021. Цим Указом введено в дію рішення РНБО України від 4 червня 2021 р. “Щодо удосконалення мережі ситуаційних центрів та цифрової трансформації сфери національної безпеки і оборони”. У рішенні ВНБО визначена обов’язковість використання ситуаційними центрами модуля “геоінформаційних систем (ГІС) і технологій для створення та роботи з наборами геопросторових даних”¹⁷.

Наразі постійно розширюється спектр використання геоінформаційних та космічних даних, що відображується у відповідних нормативних актах та стратегіях. Так, на виконання Указу Президента України від 12.01.2015 №5/2015 “Про Стратегію сталого розвитку “Україна-2020” та Програми діяльності Кабінету Міністрів України, схваленої постановою Верховної Ради України від 11.12.2014 №26-VIII з метою підвищення ефективності космічної діяльності України Наказом ДКА України від 21.05.2015 № 100 затверджено Стратегію космічної діяльності України на період до 2022 року¹⁸. Значна увага концентрується на необхідності широкого використання космічних та геоінформаційних даних для прийняття управлінських рішень у сфері національної безпеки та оборони.

В цілях геоінформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень з питань національної безпеки і оборони використовують специфічні за змістом ГІС, які є орієнтованими на вирішення прикладних завдань безпекового характеру. Їх укомплектовують спеціальними ГІС-додатками, призначеними для підтримки ухвалення рішень щодо національної безпеки і оборони, планування бойових дій і заходів із забезпечення військ в автоматизованих системах управління військами і зброєю¹⁹. Такі ГІС дозволяють перетворювати і представляти великі обсяги різноманітної координатно-часової інформації у вигляді, зручному для подальшого використання в інтересах ухвалення управлінських рішень. Військові дії – це складні ситуації, що виникають у складних умовах. Тому рішення, прийняті в цій сфері, повинні розглядатися комплексно. Проблема полягає в інтеграції логічних процесів з інтуїцією військовослужбовців, які приймають рішення, для отримання ефективних альтернатив рішення.

На сучасному етапі розвідувальні служби, до яких відносяться і служби космічного моніторингу, виконують завдання щодо забезпечення осіб, які приймають рішення з питань національної безпеки. Нове покоління комерційних супутників спостереження здатне запропонувати цифрові знімки, що мають високу розрізненість на місцевості (0,5-1 м) і оперативність. Крім того, такі супутники підтримуються потужними швидкодійними автоматизованими базами даних і пошуковими системами

¹⁷Щодо удосконалення мережі ситуаційних центрів та цифрової трансформації сфери національної безпеки і оборони : Указ Президента України від 4 червня 2021 р. № 260/2021. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/2602021-39225>

¹⁸Державне космічне агентство України. Історія. URL: <https://www.nkau.gov.ua/ua/dka-ukrainy/istoriia>

¹⁹Горбулін В. П. Використання космічної інформації в системі геоінформаційного забезпечення ухвалення управлінських рішень з питань національної безпеки та оборони України. *Вісн. НАН України*. 2021. № 9. С. 3–11.

мережі Інтернет, що забезпечує користувачам глобальної системи більш широкий доступ до космічних знімків²⁰.

Розвідувальні служби виконують завдання із забезпечення осіб, які ухвалюють рішення у сфері національної безпеки, геопросторовою інформацією за такими напрямками: ранні попередження про можливі військові загрози та інші події, що можуть загрожувати інтересам держави; визначення місцезнаходження терористичних груп та їхніх лідерів; підтримка проведення переговорів і воєнних операцій; незалежна оцінка ситуацій і проблем; розвиток новітніх технологій; захист від діяльності служб ворожої розвідки²¹.

Планування та здійснення військових дій є частиною компетенції військового, що приймає рішення. Отже, останній має визначитися з такими елементами, як прийняття процедури забезпечення керівництва військовими діями, створення структур сил, структурування оперативних наказів, вогнева підтримка, співробітництво, командування, забезпечення військових дій та захист сил. Крім усього вищесказаного, технологічні інновації все більш і рішуче впливають на військові дії. Нові покоління інтелектуальної зброї будуть широко використовуватися в військових конфліктах. Передові технології, що використовуються при розробці цієї зброї, надають нові військові можливості. Ця технологія полегшує збір, обробку та аналіз даних, а також вилучення та швидке розповсюдження інформації практично в будь-якій зоні конфлікту. Крім того, розвиток військових процесів знаходиться під безпосереднім впливом розвитку техніки²². Тому не зайвим буде визначити чіткий напрямок використання нових інформаційно-комунікаційних технологій у військовій сфері.

Розвиток управління інформаційними системами значною мірою сприяв забезпеченню правильних засобів для збору та обробки даних, необхідних військовим для отримання значущої інформації, щоб підвищити якість усіх аспектів, пов'язаних з управлінням силами та матеріальними ресурсами. У складних умовах, характерних для військових дій, де людські помилки можуть мати трагічні наслідки, СППР є важливими для виконання складних завдань.

Технологічна еволюція постійно збільшує масштаби оперативного театру і темп реагування. Більше того, середовище створює величезне навантаження невизначених даних. Очевидно, що така велика кількість даних може перевищувати людські можливості для їх обробки. Підтримка

²⁰Застосування повітряно-космічних засобів в інтересах охорони та контролю державного кордону: світовий досвід / Мосов С. П., Мамчур Ю. В., Міхеев В. С., Хорошилова С. Й. *Зб. наук. праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Нац. університету оборони України ім. Івана Черняховського*. 2019. № 1(65). С. 92–97.

²¹Міхеев В., Мосов С., Присяжний В. Інформаційне забезпечення органів національної безпеки з космосу. *Освітньо-наукове забезпечення складових сектору безпеки й оборони України* : тези Міжнар. наук.-практ. конф. (22 листоп. 2019 р.). Хмельницький : НАДПСУ, 2019. С. 129–131.

²²Şuşnea E. Using Artificial Neural Networks in eLearning Systems. *Scientific Bulletin. Series C : Electrical Engineering*. 2010. Vol. 72, iss. 4. P. 92.

інформаційних технологій покликана впоратися з цими людськими обмеженнями в таких складних середовищах.

СППР часто використовуються як онлайн-альтернативи розробці та аналізу курсів дій, а також як інструменти, які можна використовувати для онлайн-доктрин і тактичних прийомів і процедур для підтримки операцій. У зв'язку з цим СППР пропонує наступні можливості: робить можливою оцінку процесів командування та управління, а також оцінку ефективності дружніх чи ворожих можливостей; підтримує військового командира та його штаб, підвищуючи їх здатність визначати нові можливості; підтримує всі фази процесу командування та управління; використовує комп'ютерні, автоматичні та закриті моделі, які можна адаптувати до поточної ситуації²³. Ідеальна СППР для військових дій повинна мати такі характеристики: вона надає інформацію, необхідну командирі; нею можуть легко керувати люди, які мають справу з великою кількістю даних; вона доповнює силу людського розуму, пропонуючи рішення широкого кола військових проблем. Ефективність СППР залежить від ресурсів, необхідних для її створення, а також від її належного дизайну та використання.

Україна наразі також намагається максимально використовувати сучасні космічні та ГІС технології отримання даних з метою створення дієвих СППР. У 2020 р. НЦУВКЗ отримав доступ до даних ДЗЗ із супутників “Sentinel-1”, “Sentinel-2”, “Sentinel-3” (програма “Copernicus”). Крім того, НЦУВКЗ отримує дані ДЗЗ з високою просторовою розрізненістю від компанії “Planet Labs”. У НЦУВКЗ забезпечено можливість отримання даних ДЗЗ низької, середньої та високої просторової розрізненості з іноземних космічних апаратів серії “NOAA”, “TERRA”, “SuomiNPP”, “EROS-B”, “SuperView-1” і “Aqua”. За рахунок цього відповідним споживачам оперативно надаються необхідні дані ДЗЗ, а також результати обробки супутникових знімків. Вищезазначені дії дозволили НЦУВКЗ створити ефективну космічну складову системи геоінформаційного забезпечення ухвалення рішень в інтересах забезпечення споживачів сектору національної безпеки і оборони України²⁴.

Сьогодні не можна здійснювати процес прийняття рішень, не покладаючись на інформаційно-комунікаційні технології. Все це стосується і сфери безпеки та оборони, її специфічних завдань і діяльності. У результаті збільшення різноманітності і складності конфліктних ситуацій, інформаційно-технологічних засобів, які використовуються противниками у війні, а також обсягу інформації, необхідної для обробки в режимі реального часу, СППР стають необхідністю. При цьому все більшої актуальності у сфері національної безпеки і оборони набуває питання використання

²³Tolk A., Kunde D. Decision Support Systems – Technical Prerequisites and Military Requirements. *2000 Command and Control Research and Technology Symposium Proceeding* (June, 2000). California, 2000. P. 1–18. URL: <http://arxiv.org>

²⁴Національний центр управління та випробувань космічних засобів. URL: <https://spacecenter.gov.ua/>

космічної складової системи геоінформаційного забезпечення прийняття рішень.

1.2. Теоретичні основи побудови системи підтримки прийняття рішень у сфері національної безпеки і оборони

Класичні підходи до вирішення задач підтримки прийняття рішень потребують організації та управління процесами збору, передачі, накопичення, різноманітної обробки інформації та її всебічного аналізу, підтримки прийняття та прийняття рішень і визначення порядку дій, формування контентів, визначення комунікацій, координації і розповсюдження, контролю, оцінки результативності, ефективності та корегування дій, з безперервним контролем внутрішніх і зовнішніх процесів, що їх супроводжують. Єдність зазначених етапів та їх взаємовплив потребує комплексного розгляду чинних підходів щодо ефективної організації зазначених процесів та управління цими процесами, спрямованими на виявлення, ідентифікацію і раціональне реагування на кризові ситуації.

Процес підтримки прийняття рішень реалізується системою у складі: джерел; центру накопичення і обробки інформації з сукупністю автоматизованих робочих місць, на яких працює оперативний склад; спеціалізованого програмно-математичного забезпечення; телекомунікаційних та кіберінформаційних засобів. Множина джерел є сукупністю, як правило, різноманітних джерел з кіберінформаційного простору (різноманітні сенсори, електронні ЗМІ, соціальні мережі, блогосфера тощо), а також інших засобів (дані розвідки та інші), за допомогою яких формується масив даних, фактів про поточну (зовнішню) ситуацію (обстановку). Підсистема накопичення і обробки інформації (технічна складова) фактично формується як сукупність автоматизованих робочих місць зі спеціалізованим програмно-алгоритмічним (інформаційним) забезпеченням процесів накопичення, зберігання, обробки (у т. ч. аналітичної) інформації та підтримки прийняття рішень. На базі підсистеми накопичення і обробки інформації здійснюється прийняття рішень і формування команд на реалізацію управління процесами збору і обробки даних – управління системою моніторингу.

Технічна складова – автоматизоване робоче місце, яке включає обчислювальні засоби з системами передачі даних, засобами прийому і відображення інформації колективного та індивідуального користування, об'єднані в ситуаційні центри централізованого чи розподіленого типів (DATA-центри). Програмно-алгоритмічна складова будується за принципами інформаційних систем, спеціалізованих баз даних, розрахункових додатків, інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Аналіз чинних підходів організації процесів моніторингу слід проводити з урахуванням комплексної організації зазначених процесів в умовах

апріорної невизначеності джерел інформації за їх просторовим розташуванням, складом, типом вихідної інформації, точністю, достовірністю, оперативністю та повнотою отримання первинних даних, кількісного та просторово-часового розподілу при виникненні різноманітних, в тому числі і кризових ситуацій.

Конкретика завдань моніторингу визначається завданнями, які вирішуються, цільовими аудиторіями, фоновими процесами, особливістю ситуацій, особливо кризових. Під кризовою ситуацією розуміється сукупність динамічно змінюваних оцінок (результатів аналізу, узагальнення) множини фактів і зв'язків між ними, що складаються з причин і наслідків, залежних від подій, що відбуваються, і процесів, які приводять до складних чи фатальних наслідків для держави чи її інституцій, населення, інфраструктури тощо. Виділено такі типи кризових ситуацій: терористичного; оборонного (ведення бойових, інформаційних, інформаційно-психологічних, кібернетичних, радіоелектронних дій тощо); криміногенного; екологічного та техногенного; суспільно-політичного і соціально-економічного спрямування. В якості об'єктів моніторингу розглядаються зони (райони) інтересів, цільові аудиторії, стратегічні комунікації, контенти, які циркулюють в інформаційному просторі, дії всіх акторів, задіяних в процесах, які є об'єктами моніторингу, тощо.

Фактично, процеси моніторингу включають управління процесами збору і обробки інформації – складовими системи моніторингу для своєчасного виявлення і класифікації ситуацій, формування і видачі команд управління відповідному персоналу, що потребує розгляду процесів моніторингу, як таких, що повинні реалізовуватись в єдиному кіберінформаційному просторі.

Виходячи із викладеного, для аналізу процесів моніторингу слід оперувати системними підходами аналізу складних розподілених ергатичних інформаційних систем із специфічним призначенням та колом виконуваних завдань для реалізації створення ефективної методологічної бази реалізації досліджуваного процесу. Моніторинг заданих об'єктів як комплекс наук і знань користується такими загальнонауковими методами дослідження як аналіз і синтез, методи індукції та дедукції, узагальнення, математичне моделювання і статистична обробка інформації, методи оптимізації тощо. Разом із тим, ефективне виконання завдань моніторингу визначених зон (районів) об'єктів і процесів, збору і обробки інформації та її тематичного аналізу для підтримки прийняття управлінських рішень особами, які їх приймають на різних рівнях ієрархії систем управління, узгодження та синхронізації складових системи підтримки прийняття рішень в умовах кризових ситуацій, здійснення аналізу та обґрунтування форм, способів та методів ведення дій різних рівнів в умовах кризових ситуацій за швидкоплинних змін обстановки, інформаційної надмірності і щільності потоку подій вимагає розробки нових та удосконалених існуючих методів аналізу, прогнозування розвитку ситуацій, що відбуваються.

Тому аналіз базових підходів до реалізації процесів підтримки прийняття рішень з виділенням завдань досліджень і розробки ефективних цільових систем із забезпеченням їх функціонування повинен включати взаємопов'язані етапи аналізу методологічних основ і технічних аспектів реалізації:

- загальнотеоретичних підходів до реалізації процесів підтримки прийняття рішень;
- принципів організації підтримки прийняття рішень;
- методів структурно-параметричного синтезу складних розподілених ергатичних інформаційних систем для здійснення підтримки прийняття рішень та їх аналізу (оцінювання ефективності);
- методів обробки первинних інформаційних масивів;
- методологічних основ вироблення рішень в процесі здійснення підтримки прийняття рішень.

Процеси підготовки та здійснення підтримки прийняття рішень реалізуються у багатьох сферах і галузях, зокрема таких як державне управління, сектор безпеки і оборони, інфраструктура, екологія, промисловість, сільське господарство тощо. Аналіз методологічних підходів до реалізації процесів та побудови СППР потребують здійснення узагальнення за можливими варіантами реалізації і галузей застосування з виділенням особливостей застосування, побудови і недоліків.

Більшість подібних сучасних систем спрямовані на формування, модифікацію і саморозвиток єдиного інформаційного простору, де комплексно відбуваються всі вищерозглянуті процеси. Цим досягається всебічна інформаційна обізнаність про поточну ситуацію для своєчасного виявлення, локалізації та нейтралізації кризових ситуацій. Загалом сучасні СППР слід розглядати не стільки як складну, а як велику систему, яка працює в умовах значної динаміки змін поточної обстановки та інформаційної надмірності. В усіх відомих подібних системах впроваджена ідеологія відкритих, розподілених, складних, ергатичних інформаційно-керуючих систем, інваріантних за своєю структурою до ієрархічного рівня дій і споживачів інформації. Технологічно такі системи побудовані на основі захищених розгалужених кіберінформаційних мереж. Це забезпечує високу гнучкість при вирішенні завдань та можливість багатоваріантності і множинності впливів.

Функціональною основою побудови сучасних систем підтримки прийняття рішень є циклічність етапів (за Бойдом): Observation / спостереження (збір необхідної інформації від внутрішніх і зовнішніх джерел); Orientation / орієнтування (формування множини можливих варіантів розвитку ситуації і оцінка кожного із них по сукупності критеріїв, підготовка необхідної для прийняття обґрунтованих управлінських рішень інформації); Decision / рішення (вибір найкращого плану дій); Action / дія (практична реалізація вибраного плану дій). Така циклічність забезпечує впровадження моделі незалежного функціонування підсистем системи

підтримки прийняття рішень в будь-яких кризових ситуаціях та виконання цільових завдань моніторингу, обробки і аналізу отриманих даних, планування та управління діями на основі отриманої інформації на усіх рівнях ієрархії у масштабі часу близькому до реального.

Такий підхід був покладений в основу концепції командування і управління, а також можливостей, пов'язаних з ними, під кодовою назвою RTO-TR-SAS-050, яку було введено в Пентагоні та НАТО як модель C2 (Command and Control, тобто командування і управління) та згодом перетворено на C4IR (Command, Control, Communication, Computers, Intelligence And Recognition – командування, управління, комунікації, комп'ютери, розвідка, усвідомлення), а також на інші модифікації, наприклад C4IEWS & IM (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Electronic Warfare, Sensors and Information Management – командування, управління, комунікації, комп'ютери, розвідка, електронна війна, сенсори і інформаційний менеджмент).

При цьому інформаційна підтримка передбачає створення систем отримання, обробки та аналізу інформації, необхідної для прийняття обґрунтованих рішень, надійних мереж, які об'єднують сили і засоби, що їх реалізують та надають їм змогу покращеного обміну інформацією і забезпечують своєчасну та повну загальну ситуаційну поінформованість осіб, які приймають рішення. Загальна ситуаційна обізнаність дозволяє забезпечувати співробітництво і самосинхронізацію, підвищує стійкість і швидкість роботи антикризових команд, а це, у свою чергу, підвищує ефективність місії.

У сучасних умовах найбільш важливим для ефективної підтримки прийняття рішень є забезпечення виконання інформаційно-кібернетичних циклів системами, які збирають, обробляють, аналізують та надають у зручній формі інформацію, необхідну для прийняття рішень для забезпечення успішного ведення дій. До таких систем відносяться системи, в яких об'єднуються функції, процеси і технології командування, управління, зв'язку, організації та здійснення моніторингу, збору накопичення, обробки і аналізу інформації. До таких систем можна віднести системи, які використовуються у сфері безпеки та оборони (табл. 1.1).

Аналіз відомих методологічних підходів щодо побудови систем підтримки прийняття рішень і результатів їх практичного застосування переконливо доводить наявність проблем у принципах організації і здійснення збору, обробки і аналізу в них інформації.

Характерним при цьому є постійне зростання кількості інформаційних джерел різного типу, формату даних за повнотою, достовірністю та своєчасністю первинної інформації, а також кількості споживачів інформації. Зазначене посилюється значною динамікою зміни зовнішньої обстановки і особливостями конкретних ситуацій. Слід окремо відзначити невирішені проблеми отримання оперативної інформації в режимі, наближеному до реального часу, що знижує оперативність реагування.

Таблиця 1.1 – Основні типи систем моніторингу та управління

Назва	Повна назва	Зміст
C ²	Command and Control	Командування, управління
C ² SR або C ²⁺	Command and Control and Surveillance and Reconnaissance	Командування, управління, стеження і спостереження
C ³	Command and Control and Communications	Командування, управління, зв'язок
C ⁴	Command and Control, Communications and Computers	Командування, управління, зв'язок, комп'ютеризація
C ⁴ I	Command, Control, Communication, Computers & Informations	Командування, управління, зв'язок, комп'ютеризація та інформатизація
C ⁴ I ¹	Command, Control, Communication, Computers & Intelligence	Командування, управління, зв'язок, комп'ютерні мережі, розвідка
C ⁴ I ²	Command, Control, Communication, Computers, Informations & Intelligence	Командування, управління, зв'язок, комп'ютерні й інформаційні мережі, розвідка
C ⁴ IEW	Command, Control, Communication, Computers, Intelligence, Electronic Warfare	Командування, управління, зв'язок, комп'ютерні мережі, розвідка, радіоелектронна боротьба
C ⁴ IEWSR	Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Electronic Warfare, Surveillance & Reconnaissance	Командування, управління, зв'язок, комп'ютерні мережі, розвідка, РЕБ, стеження і спостереження
C ⁴ ISR	Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance & Reconnaissance	Командування, управління, зв'язок, комп'ютерні мережі, розвідка, спостереження і визначення
C ⁴ IFTW	Command, Control, Communication, Computers and Intelligence for the Warrior / Warfighter	Перспективна індивідуальна підсистема бійця, підключена до системи командування, управління, зв'язку, комп'ютерних мереж, розвідки
C ⁴ IEWS&IM	Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Electronic Warfare, Sensors and Information Management	Командування, управління, зв'язок, комп'ютерні мережі, розвідка, електронна війна, сенсори та інформаційний менеджмент
C ⁵ ISR	Command, Control, Communications, Computers, Combat Systems, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance	Бойові системи, системи командування і управління, зв'язку, комп'ютерного забезпечення, розвідки і спостереження

Проблемною залишається функція своєчасної адаптації та трансформації цих систем і процесів в них відповідно до змін обстановки та особливостей запитів. Зазначені недоліки не дозволяють реалізувати динамічний перерозподіл сил і засобів спостереження за ситуацією з урахуванням рівня реалізації завдань системою (локальність, глобальність) та інформативності і доступності джерел даних про зовнішню обстановку, що ускладнює функціонування системи підтримки прийняття рішень для широкого спектру завдань та різноманітних ситуацій.

Таким чином, розробка методологічного забезпечення організації моніторингу, управління процесами збору і обробки даних при апріорній невизначеності джерел інформації за їх просторовим розташуванням, часовими параметрами функціонування, складом, типом вихідної інформації, точністю, достовірністю, оперативністю та повнотою отримання первинних даних, їх тематичної обробки і аналізу, кількісного і просторово-часового розподілу споживачів результатів моніторингу в умовах інформаційної надмірності, значної динаміки зміни обстановки і щільності потоку подій для підтримки прийняття рішень є актуальним і необхідним завданням як в сучасних умовах, так і на перспективу.

Структура СППР, як і будь-якої складної системи, визначається завданнями, які на неї покладені, складовими, які необхідні для їх виконання, способами і технологіями встановлення взаємодії між ними і взаємодіючими структурами та особливостями зовнішнього середовища. В основу побудови і структурування системи підтримки прийняття рішень покладено такі правила:

- ✓ можливість ієрархічної побудови структури;
- ✓ єдність структурного і змістовного формування системи збирання первинної інформації та її обробки на кожному рівні;
- ✓ єдність технічного, програмного та інформаційного забезпечення на кожному рівні та на всіх рівнях в цілому;
- ✓ наявність мережі обміну даними між елементами структури системи підтримки прийняття рішень, надсистемами і взаємодіючими структурами.

СППР повинна включати сукупність інформаційно пов'язаних між собою блоків: спостереження; прогнозування стану; оцінки фактичного стану; оцінка прогнозованого стану, вироблення пропозицій щодо раціональних дій та їх реалізації зі зворотнім зв'язком.

Блоки «спостереження» і «прогнозування стану» здатні у повному обсязі виконувати цільові завдання за наявності ретроспективної інформації про фактичний стан контрольованої ситуації. Дані, що відображають ситуацію, отримуються від системи збору, обробки і аналізу інформації і опрацьовуються в залежності від задач, які поставлені особами, які приймають рішення з використанням відповідних методик за встановленою системою критеріїв. Метою є своєчасне надання необхідної і достатньої, для прийняття обґрунтованих рішень, інформації особам, які їх приймають на різних рівнях ієрархії.

У процесі збору інформації в СППР вирішуються завдання:

- 1) спостереження за станом поточної ситуації і узагальнення результатів спостережень за групами параметрів;
- 2) отримання вторинних параметрів, що характеризують ситуацію, спостереження за наслідками розвитку ситуації в процесі впливів на неї та ін.;
- 3) прогнозування стану і визначення тенденцій розвитку ситуації, формування рекомендацій щодо узгодження дій з її локалізації і ліквідації;

4) оцінка змін і тенденцій змін ситуації шляхом порівняння з критеріями, які визначають межові характеристики контрольованих параметрів.

Система моніторингу спрямована на:

- 1) зниження апріорної невизначеності про ситуацію;
- 2) підвищення оперативності та якості підтримки прийняття рішень в різних ситуаціях;
- 3) підвищення якості обґрунтування заходів і дій та ефективності їх здійснення.

Реалізація зазначених функцій потребує наявності процедурного алгоритму функціонування системи моніторингу, наведеного на рис. 1.1. Зміст кожного із зазначених етапів визначає ефективність функціонування в цілому.

Блок формування циклу опитування джерел первинної інформації реалізується автоматично або за запитом. Час роботи блоку визначається переліком джерел інформації, що підлягають моніторингу та їх особливостями. Особливості переліку визначаються характеристиками та сферою застосування.

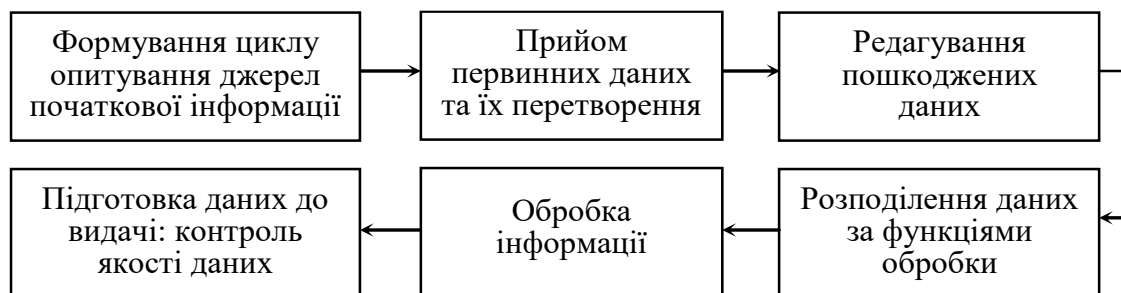


Рис. 1.1. Процедурний алгоритм функціонування системи моніторингу

Система моніторингу має бути керованою, тобто до її складу повинна входити система управління для формування режимів роботи, які визначаються властивостями об'єктів моніторингу та інтересами користувачів інформації. Схему контуру управління та його взаємозв'язок із зовнішнім середовищем наведено на рис. 1.2.

Система моніторингу отримує команди на моніторинг від вищої системи управління і формує керуючі впливи на свої підсистеми, змінюючи режим її роботи, структуру або параметри. Системи моніторингу локального рівня, як правило, здійснює контроль обмеженої кількості об'єктів і не реалізує алгоритмів обробки інформації. Інформацію від системи моніторингу отримує і використовує вища ланка системи підтримки прийняття рішень.

Глобальний рівень моніторингу, або сукупність об'єднаних у єдину систему сукупність локальних підсистем, потребує потужного методологічного, програмно-алгоритмічного і математичного забезпечення

для організації процесів автоматизованого управління системою моніторингу, первинної обробки інформації моніторингу, вироблення рішень для формування дій відповідальних осіб для раціонального реагування на різноманітні ситуації.

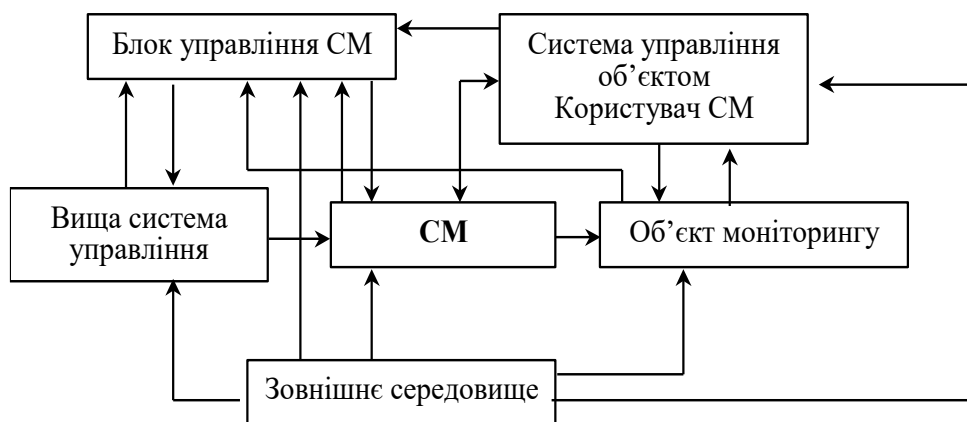


Рис. 1.2. Контур управління та взаємозв'язки блоку управління системи моніторингу

Автоматизована система моніторингу реалізує всі функції збору інформації і додатково виконує прогноз стану ситуації; визначення її джерел; використовує набір математичних моделей оцінки контрольованих параметрів. Автоматизовані комплексні системи моніторингу являють собою об'єднання декількох автоматизованих систем. Технологія побудови автоматизованої комплексної системи моніторингу базується на принципах:

- спільної міжвідомчої реалізації системи з чітким розподілом функцій учасників розробки;
- часової і просторової безперервності вимірювань і оптимальності розподілу результуючої інформації між користувачами;
- максимальної ефективності;
- моніторингу при заданих ресурсних обмеженнях і збереженні цілісності системи;
- забезпечення надійності функціонування програмно-технічної, логічної і управлінської складових системи.

Крім цього, важливими принципами побудови автоматизованої комплексної системи підтримки прийняття рішень є системність, модульність і вертикальна (горизонтальна) сумісність з іншими системами. Аналіз відомих теоретичних досліджень і практичних реалізацій систем підтримки прийняття рішень дозволив виявити такі їх недоліки:

- відсутність єдиної стратегії до комплексного розвитку системи;
- недосконалі принципи централізованого управління;

- нерозвинені методи системного підходу до побудови систем, в т.ч. з питань оптимального підбору складових і визначення функціоналу, який ними реалізується;
- значна різноманітність виконуваних завдань без їх систематизації і ієрахізації;
- недостатній рівень стандартизації та уніфікації підходів;
- відсутності єдиного підходу до методичного забезпечення;
- відсутність системи автоматизованого збору, аналізу і обробки інформації.

Аналіз існуючих підходів до побудови системи підтримки прийняття рішень показує, що організація забезпечення функціонування даних систем є самостійною, окремою, складною проблемою при реалізації багаторівневих різнопланових процесів. Конкретизація структури системи підтримки прийняття рішень потребує проведення комплексу заходів щодо визначення узагальнених завдань і функцій системи, вимог до її ефективності, складових, рівнів ієрархії з розробкою науково обґрунтованого підходу до реалізації цього процесу. Проведений аналіз загальноприйнятих структурних рішень до побудови системи підтримки прийняття рішень забезпечує в подальшому формування первинного вигляду системи, що розробляється.

1.3. Архітектура системи підтримки прийняття рішень у сфері національної безпеки і оборони

СППР в процесах формування національної безпеки і оборони призначена для формування масивів даних, створення продуктів та/або обґрунтування сукупності альтернативних варіантів вирішення проблем у вказаній сфері. Ключовими складовими цієї системи є блоки збору та обробки даних на базі алгоритмів та методик, розроблених для конкретних типів запитів у рамках проблематики національної безпеки та оборони. Іншими словами, ця система є забезпечуючим компонентом процесу прийняття рішень у відповідній сфері, який залучається до підпроцесів формування вхідної інформації, необхідної суб'єкту прийняття рішення (рис. 1.3).

Основними принципами побудови та роботи СППР в забезпеченні національної безпеки є такі:

1) *відкритість*. Архітектура та програмна частина системи є відкритими, тобто її користувачі можуть їх змінювати відповідно до умов зовнішнього середовища. Виконання цього принципу набуває додаткової актуальності в умовах нових викликів, алгоритми реагування на які раніше не було сформовано. У 2020-2022 рр. цей принцип роботи системи забезпечив її оперативне адаптування до задоволення запитів щодо інформаційного забезпечення прийняття рішень в умовах пандемії та війни;

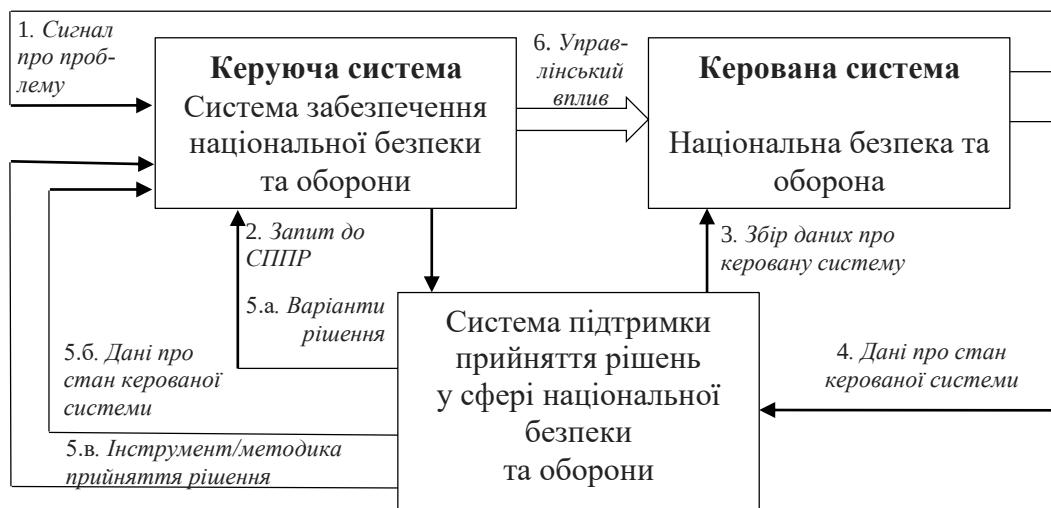


Рис. 1.3. Схема прийняття рішень у сфері національної безпеки та оборони

2) *гнучкість*. Структура, функціонал, методи та інструменти системи підлаштовуються під запити суб'єктів прийняття рішень у сфері національної безпеки та оборони, обмежень та фактори зовнішнього середовища;

3) *оперативність*. Можливість у максимально стислий проміжок часу задовольняти запити щодо надання інформації для прийняття оперативних управлінських рішень;

4) *економічність*. Витрати на створення, адміністрування та використання системи не можуть перевищувати загальні ефекти від її використання. Під ефектом слід розуміти будь-який позитивний ефект від застосування системи (економічний, екологічний, соціальний) у вартісному вираженні. Ефект також може бути представлений у формі втрат, яких було уникнуто у результаті прийняття рішення;

5) *цілеспрямованість*. Метою функціонування системи є формування інформаційної бази для прийняття адекватних управлінських рішень у сфері національної безпеки та оборони. В основі будь-якої цілі системи має лежати чітко сформульована та кількісно виміряна ціль, яка відповідатиме запиту від суб'єктів прийняття управлінських рішень.

Функціями системи у межах інформаційного забезпечення управління у сферах національній безпеки та обороні є організація збору інформації (в т. ч. обґрунтування оптимальних джерел, періодичності збору даних, часового інтервалу, якісних характеристик даних тощо), обробка отриманих даних, створення готового продукту чи обґрунтування варіантів рішень проблеми (за необхідності), передача відповіді на запит (рис. 1.4).

З огляду на те, що система сформована як відкрита та гнучка до запитів зовнішнього середовища, перелік результатів її роботи, які передаватимуться суб'єктом прийняття управлінського рішення також є відкритим. Водночас,

основними типами таких результатів є дані про об'єкт управління, сценарії його розвитку, варіанти рішень та інформаційні продукти, що надають інформаційну характеристику об'єкту управління (наприклад, геоінформаційний портал).

До об'єктів управління, які функціонують у рамках розробленої системи підтримки прийняття управлінських рішень, належать ключові компоненти національної безпеки та оборони, а саме продовольча, соціально-економічна, екологічна та воєнна безпека. Враховуючи ієрархічність системи державного регулювання та формування національної безпеки, система адаптована до збору та обробки даних у межах об'єктів різних рівнів, зокрема державного, регіонального рівнів, рівня громади.

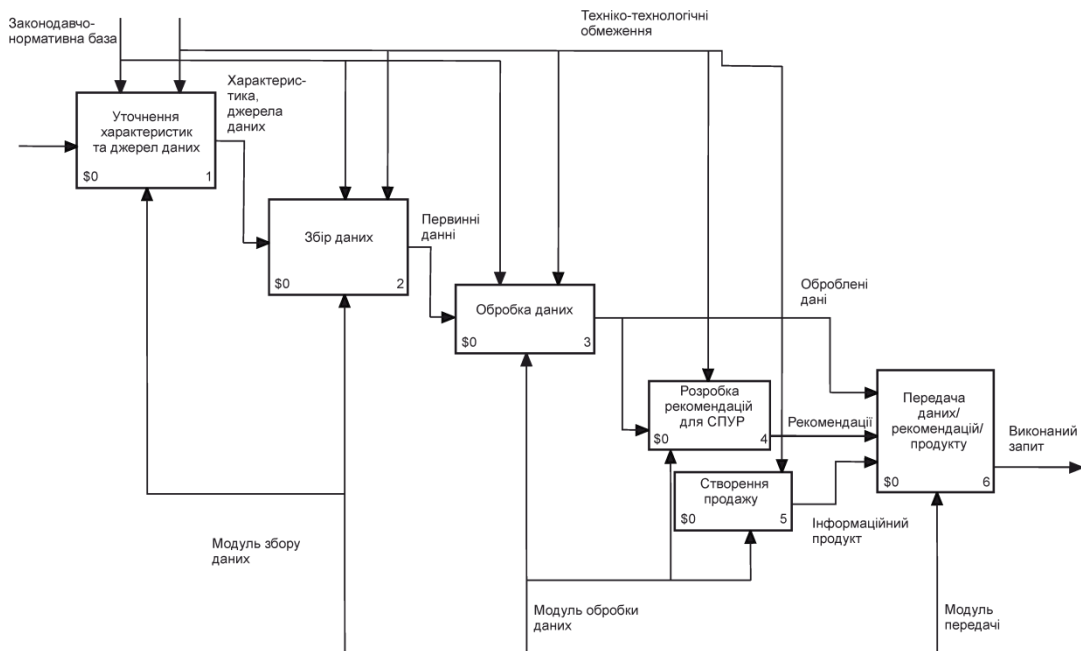


Рис. 1.4. Функціональна модель роботи системи підтримки прийняття управлінських рішень в сфері національної безпеки і оборони

Крім того, Україна – це суб'єкт глобального простору та, відповідно, елемент глобальної безпеки. Саме тому, система може задовольняти запити суб'єктів прийняття управлінських рішень не лише на державному (рівні держави, регіону, громади), але й на континентальному (наприклад, європейському) та світовому рівнях.

Система космічного та геоінформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень у ключових сферах національної безпеки і оборони складається з трьох модулів, а саме модулів збору, обробки та передачі інформації, яка потрібна для обґрунтування у сферах продовольчої, соціально-економічної, екологічної та воєнної безпеки (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Система космічного та геоінформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень у ключових сферах національної безпеки і оборони

Основною функцією модуля збору даних є створення запитів щодо отримання інформації, акумуляція та зберігання даних, які відповідають раніше визначеним та обмеженням запиту суб'єкта прийняття рішення. Основними джерелами даних, з яких модуль акумулює інформацію, є підсистема «Регіон», статистичні дані України та міжнародних організацій, результати соціометричних опитувань, зібрані із залученням автоматизованої системи збору інформації Survey 123. Водночас, перелік джерел є відкритим. На рис. 1.6 представлено функціональну модель роботи модуля збору даних.

Підсистема «Регіон». Наземний інформаційний комплекс космічного моніторингу Землі Поліського національного університету «Регіон» призначений для планування, приймання, оброблення та зберігання даних ДЗЗ з космосу.

Комплекс складається з наземних станцій приймання інформації з КА ДЗЗ в метровому, дециметровому та сантиметровому діапазонах радіохвиль, формування та надання даних космічного моніторингу Землі споживачам.

Модуль обробки даних функціонує на базі підсистем «Prod-M», «Gis-S», «Geo-B», «Eco-S». Залежно від запитів на підтримку управлінських рішень система може розширюватись за рахунок інших підсистем. Аналогічно відкритим залишається перелік джерел надходження даних (наразі, основними є космічні знімки, дані опитувань, статистики) та готових результатів роботи системи, які передаються суб'єкту прийняття рішень у сфері національної безпеки і оборони.

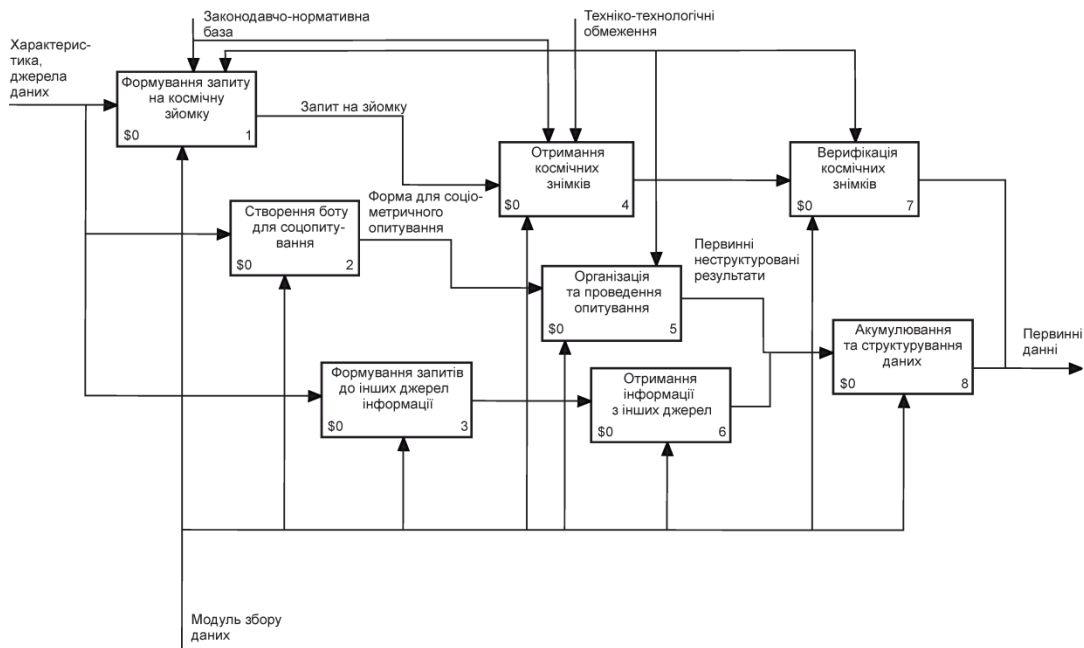


Рис. 1.6. Функціональна модель роботи модуля збору даних

Станом на середину 2022 р. підсистеми модуля обробки даних орієнтовані на надання користувачам космічних знімків, створення сценарних прогнозів, розробку інформаційних систем, в основу яких покладено геопросторові дані, а також обґрунтування варіантів управлінських рішень (рис. 1.7).

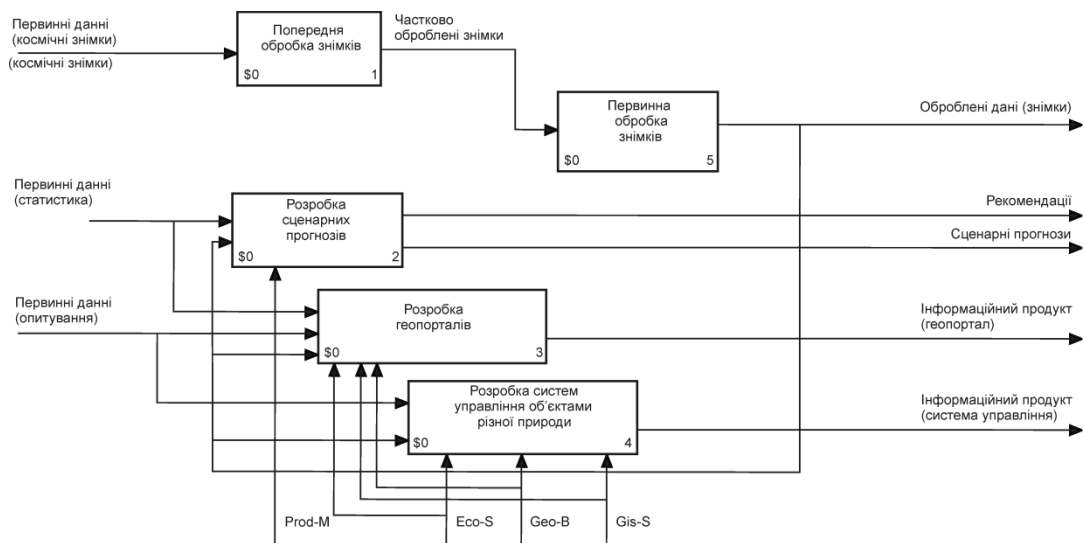


Рис. 1.7. Функціональна модель роботи модуля обробки даних

Підсистема «Prod-M». Підсистема призначена для формування інформаційної бази підтримки прийняття агрополітичних рішень на європейському, державному, регіональному рівнях та рівні суб'єктів підприємництва. Вихідними параметрами роботи підсистеми є короткострокові та середньострокові прогнози розвитку агропромислового сектору економіки країни. До програмних засобів, які забезпечують обробку вхідних даних підсистемою «Prod-M», належать інформаційні системи AGMEMOD і GAMS, програмне середовище R, MS Excel.

Підсистема «GEO-S». Підсистема призначена для збору, передачі, обробки, аналізу та відображення просторових даних в режимі реального часу. Складається з апаратно-програмних засобів геопросторового забезпечення, зокрема, геокодування інформації (Survey 123, Insights, QuickCapture) – акумулювання інформації на сервері (ArcGIS Online) – обробка, візуалізація та передача інформації в спеціалізованому програмному середовищі (ArcGIS Pro, ArcGIS Online).

Підсистема «GEO-B». Підсистема в режимі реального часу забезпечує відображення геопросторових даних про громади (зокрема, межі громад та населених пунктів, типи ґрунтів, топографічна основа, структура земель, водні об'єкти, дороги, залізниця, електромережі, система газифікації, полігони твердих побутових відходів, юридичні особи, фізичні особи, населення, медицина, спортивні зали та інвестиційні об'єкти). Основним елементом підсистеми є геопортал, який реалізується за допомогою додатку програмного середовища ArcGIS Pro – Hub. Джерелами наповнення баз геопросторових даних на рівні об'єднаної територіальної громади можуть бути: публічна кадастрова карта України, ДержГеоКадастр, OpenStreetMap, Natural Earth, UNEP Geodata, Global Administrative Areas, DIVA-GIS, Global Map, SEDAC, GeoNetwork, USGS Land Cover Institute.

Підсистема «ECO-S». Підсистема призначена для збору, обробки, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін і розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень на різних рівнях. Програмний комплекс підсистеми забезпечує збір натурних даних за допомогою мобільного додатку Survey 123 та супутникових даних, їх акумулювання на сервері ArcGIS Online, обробку, візуалізацію в спеціалізованому програмному середовищі ArcGIS Pro та подальшу передачу інформації для прийняття управлінських рішень в природоохоронній діяльності. Основними видами інформації, які циркулюють у підсистемі, є дані ДЗЗ, а також дані натурних спостережень щодо стану основних компонентів екосистем та їх змін під впливом природних, біотичних та антропогенних чинників.

Запити, які надходять до системи, передбачають збір та обробку даних, необхідних для вирішення низки задач у рамках формування продовольчої, соціально-економічної, екологічної та воєнної безпеки. Наразі проведено

апробацію функціонування розробленої системи для вирішення завдань, які відображено на рис. 1.8.



Рис. 1.8. Основні завдання, які вирішує система підтримки управлінських рішень у сфері національної безпеки і оборони

Таким чином, розроблено систему космічного та геоінформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень у ключових сферах національної безпеки і оборони, головною функцією якої є забезпечення суб'єктів прийняття рішень у сфері національної безпеки та оборони відповідною актуальною інформацією. Основними елементами даної системи є модулі збору, обробки та передачі інформації. Синтезовано функціональні моделі

системи та її основних складових елементів. Проведено аналіз часткових задач елементів системи та інформаційного обміну між цими елементами.

Базою для забезпечення функціонування такої системи та його інтеграційною основою є інноваційно-космічний кластер. На базі Поліського регіону у 2019 р. створено РІКК «ПОЛІССЯ», який забезпечив інтеграцію центральних та місцевих органів виконавчої влади, місцевого самоврядування, наукових установ, освітніх закладів, закладів культури та приватних структур з метою розвитку сучасних космічних та геоінформаційних технологій у сфері національної безпеки і оборони, управління регіональним розвитком, якісної підготовки відповідних фахівців та проведення наукових досліджень у визначених сферах²⁵ (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Структура та основні напрями діяльності РІКК «Полісся»

Основними завданнями РІКК «ПОЛІССЯ» є:

- об'єднання зусиль усіх суб'єктів регіонального розвитку, діяльність яких пов'язана з тематикою космосу, з метою підвищення рівня конкурентоспроможності регіону за рахунок забезпечення розвитку інфраструктури і високих технологій;
- формування позитивного іміджу регіону та його якісного людського потенціалу на базі розвитку сучасних закладів освіти, науки і культури;
- створення регіональної системи ДЗЗ і забезпечення системного отримання даних ДЗЗ для задоволення суспільних потреб у сфері безпеки

²⁵ Про концепцію створення регіонального інноваційно-космічного кластера «Полісся»: рішення Двадцять восьмої сесії VII скликання Житомир. обл. ради від 12.11.2019 р. № 1708. URL: <https://oda.zht.gov.ua/news/na-zhytomyrshhyni-pidpysaly-ugodu-pro-stvorennnya-regionalnogo-innovatsijno-kosmichnogo-klasteru-polissya/>

держави, агропромислового виробництва, земельних відносин, природокористування, розвитку територій, будівництва та інженерних досліджень, екологічного моніторингу, моніторингу надзвичайних ситуацій;

- створення регіональної системи інформаційного забезпечення і моніторингу для нової моделі управління регіоном на платформі геоінформаційних систем;

- організація проведення комплексних науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, створення та трансфер сучасних технологій використання космічної інформації відповідно до потреб держави у сферах інформаційної, екологічної та продовольчої безпеки;

- автоматизована обробка інформації та інформаційно-аналітичної роботи;

- оперативне управління у сфері транспорту, енергетики тощо;

- інтегрування в європейські та світові проекти (програми) у сфері космосу і космічних технологій, сприяння реалізації відповідних міжнародних і національних науково-освітніх, технологічних та культурних проєктів.

- об'єднання на базі кластера виробничих, освітньо-наукових, культурних підприємств, установ та організацій регіону сприяє досягненню таких результатів:

- формування визначеної, унікальної смартспеціалізації регіону;

- підвищення технологічного рівня регіонального виробництва;

- розвиток науково-технічного, культурного, освітнього та туристичного потенціалу регіону;

- отримання додаткового синергетичного економічного ефекту, що стимулюватиме розвиток регіону, сприятиме створенню значної кількості нових робочих місць;

- консолідоване лобювання інтересів учасників кластера у різних органах влади;

- розширення можливості доступу громадян до сучасних інформаційних технологій;

- посилення у суспільстві інтересу до проблем дослідження космосу.

Функціонування кластера також сприяє вирішенню таких соціально-економічних проблем регіону, як:

- структурна деформованість, інституційна неповнота та незбалансованість технологічних, економічних та соціально-ціннісних аспектів і механізмів інноваційної діяльності у регіоні;

- відсутність ефективної системи державного управління територіями;

- відсутність достовірної інформації для прийняття ефективних управлінських рішень.



Рис. 1.10. Завдання та інфраструктура РІКК «Полісся»

Перспективним у напрямі подальшого розвитку системи підтримки прийняття управлінських рішень у сфері національної безпеки і оборони та зміцнення рівня національної безпеки і оборони держави загалом є створення високотехнологічних оборонних кластерів (ВОК). Оперативно реагуючи на актуальні загрози національній безпеці і обороні, у 2015 р. вперше розроблено та імплементовано концепцію створення ВОК на рівні окремого регіону²⁶.

Формування концепції викликано необхідністю реагування на нові загрози розвитку регіону, пов'язані, зокрема, з деформацією структури економіки регіону як з точки зору оптимальних критеріїв самозабезпечення та зовнішньоекономічної спеціалізації, так і з науково-технологічних, соціальних і екологічних позицій; з тим, що пропоновані наукові результати світового рівня не знаходять застосування в економіці через низьку сприйнятливість підприємницького сектору до інновацій; низьким техніко-технологічним рівнем виробництва; розвитком екологічно небезпечних виробництв; зростанням негативного впливу на екологічну ситуацію та здоров'я населення процесів, пов'язаних із поводженням з відходами; відтоком кваліфікованих кадрів; старінням та погіршенням стану здоров'я населення регіону тощо.

²⁶ Про Концепцію створення високотехнологічного оборонного кластера на Житомирщині : рішення Другої сесії VII скликання Житомир. обл. ради від 24.12.15 р. № 62. URL: <https://zt.gov.ua/>

Негативний вплив зазначених загроз активізувався в умовах реалізації сучасних викликів національній безпеці України внаслідок агресії проти держави, яка характеризується активним і всеохоплюючим застосуванням високотехнологічних засобів і способів агресивних деструктивних дій і впливів. Крім того, сучасні стратегічні і тактичні задачі України, а саме намагання інтегруватися до європейського співтовариства, роблять економічне зростання однією із найактуальніших проблем сучасності. Подолання економічної, оборонної криз не можливо без активізації інноваційної діяльності.

Перспективний шлях для збереження і нарощування наукового потенціалу – пріоритетний розвиток різноманітних форм міжнародного співробітництва, участь у двосторонній, багатосторонній, зокрема загальноєвропейській, кооперації наукових досліджень та інженерно-технічних розробок. Кластер і є тим угрупованням незалежних малих та великих підприємств, дослідницьких організацій, які працюватимуть у певній галузі і будуть здійснювати інноваційну діяльність шляхом взаємодії у сфері обміну знаннями, проведення наукових експертиз, поширення інформації. Тому створення ВОК дає можливість локалізувати та подолати вищезазначені загрози. Для цього необхідно реалізувати адекватні існуючим викликам стратегії регіонального розвитку ключові принципи: науковість, екологічність, орієнтація на розвиток високих технологій, насамперед у сферах, пов'язаних із обороною держави. Таким чином, ВОК буде своєрідним каталізатором, що сприяє у створенні наукоємного сектору реальної економіки та формує науково-технічне ядро суспільного процесу.

Ключовими напрямками діяльності ВОК визначено:

1. Організація проведення комплексних науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт та забезпечення виробництва конкурентоспроможної продукції оборонного призначення у таких сферах:

- інформаційної та кібернетичної безпеки;
- технічних видів розвідки та радіоелектронної боротьби;
- технічного захисту інформації;
- космічної системи забезпечення;
- автоматизованої обробки інформації та інформаційно-аналітичної роботи;
- інформаційно-психологічної протидії;
- оперативного управління силами та засобами;
- інформаційно-телекомунікаційної системи;
- експлуатації та застосування роботизованих засобів;
- радіолокаційної, оптико-електронної та квантово-оптичної системи;
- застосування нанотехнології у військовій сфері;
- альтернативної енергетики;
- матеріально-технічного та продовольчого забезпечення.

2. Організація виробництва високотехнологічних виробів, більшість з яких буде «продуктами подвійного призначення», необхідних для забезпечення військових та інших потреб держави.

3. Організація подальшої розробки систем спеціального призначення та виробництва продуктів для забезпечення життєдіяльності регіону та держави.

Розміщення ВОК на території Житомирщини обумовлені такими перевагами регіону:

- відсутність деструктивних для цілісності та єдності держави проявів;
- розвинена інфраструктура та вигідне розташування поблизу потужної полігонної бази і безпосередньо біля військових частин цільового спрямування;
- наявність наукових та освітніх закладів, необхідних для проведення відповідних досліджень та підготовки кадрів;
- наявність досвіду у питаннях, пов'язаних зі сферою діяльності ВОК (інформаційна та кібернетична безпека, технічні види розвідки, радіоелектронна боротьба, безпілотні авіаційні та інші роботизовані комплекси та ін.);
- зацікавленість іноземних інвесторів у створенні високотехнологічних виробництв у регіоні.

Об'єднання на базі ВОК виробничих і науково-технічних підприємств та організацій області сприятиме у досягненні таких результатів:

- виробництво необхідних для забезпечення військових та інших потреб держави високотехнологічних виробів, більшість з яких буде «продуктами подвійного призначення»;
- підвищення техніко-технологічного рівня регіонального виробництва;
- формування чітко визначеної, унікальної спеціалізації виробничого комплексу регіону;
- розвиток науково-технічного та освітнього потенціалу регіону; цільова орієнтація підготовки кадрів для потреб підприємств, що входять до складу ВОК;
- організація розробки систем спеціального призначення та виробництва продуктів для забезпечення життєдіяльності регіону та держави;
- отримання додаткового синергетичного економічного ефекту, що стимулюватиме розвиток регіону, сприятиме створенню значної кількості нових робочих місць;
- формування високого рівня інвестиційної привабливості регіону.

Завдяки взаємодії наукової та виробничої сфер діяльності, а також додатковому розвитку промислової кооперації, створення ВОК сприятиме у забезпеченні випуску інноваційної продукції з характером імпортозаміщення, у вирішенні державних завдань щодо зміцнення обороноздатності країни, створенні в регіоні додаткової кількості нових робочих місць.

1.4. Наземний інформаційний комплекс космічного моніторингу Землі Поліського національного університету «Реґіон»

НІККМЗ «Реґіон» призначений для створення сучасної інфраструктури в сфері космічного моніторингу Землі для забезпечення проведення та поглиблення наукових досліджень і розширення міжнародної співпраці в питаннях використання даних космічного моніторингу Землі. Ситуація, яка склалася навколо України, вимагає використання даних космічного знімання для забезпечення інформаційної підтримки процесу прийняття рішень. Аналіз та моделювання таких процесів потребує регулярного одержання й аналізу об'єктивних даних про різні компоненти навколишнього середовища. Такі дані повинні охоплювати значну частину поверхні Землі та накопичуватися протягом тривалого періоду. Для вирішення цих завдань потрібні джерела актуальної і достовірної інформації, не залежної від можливих спотворень. Цим джерелом є дані ДЗЗ, що дозволяють оперативно отримувати потрібну об'єктивну інформацію. Використання даних ДЗЗ забезпечує наступні переваги:

- актуальність інформації, що надходить;
- висока достовірність отриманої інформації;
- відсутність обмежень, пов'язаних з державними кордонами;
- висока періодичність отримання інформації;
- охоплення великих територій;
- отримання інформації в єдиному стандартизованому вигляді;
- можливість накопичення інформації та використання її для прогнозів і оцінки ризиків.

Сучасні дані ДЗЗ володіють технічними властивостями, що дозволяють вирішувати цілий комплекс завдань – від картографування до аналізу змін, які відбулись на досліджуваній території. Використання різночасових знімків дозволяє відслідковувати динаміку змін на поверхні Землі, виявляти площі, що постраждали в результаті діяльності людини, прогнозувати наслідки надзвичайних подій, а також багато інших задач.

Для отримання інформації з КА ДЗЗ найчастіше використовуються радіолінії передачі даних, які працюють в частотних діапазонах радіохвиль 137 МГц, 1.7 ГГц, 8.2 ГГц^{27, 28}. Вибір частотного діапазону залежить від обсягу інформації, яку потрібно передати. При збільшенні обсягу інформації за одиницю часу зменшується тривалість часу на передачу одного символу інформації та відповідно зменшується енергія сигналу, який несе інформацію

²⁷ Топольницький П. П., Осадчук Р. М., Франжі О. В. Шляхи вдосконалення пункту прийому для отримання цільової інформації високого розрізнення з КА. *Створення та модернізація озброєння та військової техніки в сучасних умовах* : зб. тез доповідей 18 НТК (6–7 вересня 2018 р.). Чернігів, 2018. С. 224.

²⁸ Створення навчального пункту прийому інформації з космічних апаратів дистанційного зондування Землі з використанням технології програмно обумовленого радіо / Павлюк В. В., Топольницький П. П., Франжі О. В., Фриз С. П. *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем*. 2015. Вип. 12. С. 101–109.

про біт інформації. Для підвищення енергії сигналу, а відповідно і ймовірності правильного прийому інформації необхідно використовувати більші за діаметром антени, але їх використання обумовлює більш жорстокі вимоги до точності роботи системи наведення.

Обсяг інформації, який потрібно передати в космічній радіолінії, обумовлений наступними основними факторами:

1. Просторове розрізнення знімку.
2. Радіометричне розрізнення знімку.
3. Кількість спектральних каналів.

Слід зауважити, що під час розробки та модернізації комплексів прийому інформації з КА ДЗЗ була передбачена можливість їх використання для прийому інформації з більшою інформативністю у разі отримання доступу до вітчизняних та іноземних космічних апаратів із «закритим бортом». Створений комплекс використовується для забезпечення інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень як при забезпеченні функціонування складових системи, так і при замовленні інформації зовнішнім контуром системи при прийнятті рішень на локальному, регіональному та державному рівнях.

НІККМЗ «Регіон» забезпечує виконання наступних основних завдань:

- розрахунок оперативного плану проведення сеансів прийому інформації (сеансів зв'язку) з КА ДЗЗ та оцінка умов їх проведення;
- розрахунок цілевказівок системам управління антенами за кутом місця та азимутом;
- приймання з борту КА та реєстрація СІ ДЗЗ низького, середнього та високого розрізнення;
- первинне оброблення прийнятих даних ДЗЗ (нормалізація, перенесення частоти, демодуляція, декодування тощо) та отримання видових даних у визначених спектральних діапазонах;
- попереднє оброблення видових даних (орієнтування зображення, геометричне корегування, формування атрибутів космічного знімка), визначення ділянок поверхні Землі, над якими відсутня хмарність;
- тематичне оброблення видових даних, підготовка і надання споживачам (замовникам) даних ДЗЗ звітних інформаційних документів;
- оцінка якості, виділення та відбраковування СІ, що не підлягає подальшій обробці;
- анотування обробленої СІ;
- архівація вихідної інформації (розпакованого бітового потоку), довгочасне зберігання та ведення БД вихідної та обробленої СІ;
- формування та ведення БД СІ, що забезпечує швидкий перегляд записаної інформації;
- формування вихідної продукції згідно з поданими заявками, анотування, конвертування в обмінні формати даних;

- передачу необробленої та обробленої СІ споживачам для вирішення різноманітних завдань, її архівація для наступної передачі вихідної продукції зовнішнім споживачам.

Основні технічні характеристики НІККМЗ «РЕГІОН»:

- діапазони частот приймання інформації ДЗЗ: 137-138 МГц; 1670-1710 МГц; 8128-8332 МГц;

- інформаційна швидкість приймання СІ по радіолінії 8,2 ГГц, - не менше 75,0 Мбіт/с;

- кількість сеансів приймання інформації ДЗЗ по радіолінії 137 МГц - до 12-ти сеансів на добу;

- кількість сеансів приймання інформації ДЗЗ по радіолінії 1,7 ГГц - до 4-х сеансів на добу;

- кількість сеансів приймання інформації ДЗЗ по радіолінії 8,2 ГГц - до 4-х сеансів на добу;

- мінімальний кут місця надійного приймання СІ - 7 град.

Отримання комплексом даних ДЗЗ в стандартному режимі здійснюється на безкоштовній основі. Дані знімаються БСА КА і передаються на наземні пункти прийому у реальному часі. Доступними для комплексу на сьогодні є КА серії NOAA, Suomi NPP, MetOp, FengYun, Aura, TERRA та AQUA, що передають дані низького (3-4 км, 1100 м) та середнього (250-1000 м) розрізнення.

Полярно-орбітальні супутники серії NOAA є частиною програми національної адміністрації океанів та атмосфери (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA) США, що має назву Національна служба даних супутникових систем дослідження навколишнього середовища (National Environmental Satellite, Data, and Information Service – NESDIS). Дані супутників NOAA використовуються для довгострокових прогнозів погоди, моніторингу атмосфери та погодних явищ, а також для забезпечення безпеки польотів літаків і безпеки водного транспорту. Дані, отримані супутником, накопичуються в бортовому запам'ятовуючому пристрої, а потім передаються в центри прийому даних. Всього у рамках програми NOAA запуснено 20 КА, 3 з яких працюють на даний час (NOAA-18-20).

Апарат NOAA-18, що має назву NOAA-N, був запускений 20 травня 2005 р. На даний час він знаходиться на сонячно-синхронній орбіті з нахилом 98,73°, висотою 854 км та тривалістю витка 102 хв. БСА складається з AMSU-A, MHS та AVHRR. NOAA-18 став першим КА, що обладнаний апаратурою MHS (Microwave humidity sounder) замість AMSU-B. Апаратура APT та HRPT працюють на частотах 137,9125 та 1707,0 МГц відповідно.

NOAA-19, що має назву NOAA-N (NOAA-N Prime), є на даний час найновішим КА даної серії. Даний КА був запускений 06 лютого 2009 р. на низькоорбітальну траєкторією з нахилом 98,73° та висотою 870 км. Дані від апаратури в форматах APT та HRPT передаються в діапазонах частот 137,100 та 1698,0 МГц відповідно.

Серйозні зміни екологічної обстановки на Землі (глобальне потепління, підняття рівня моря, збезліснення, руйнування озонового шару, кислотні дощі) обумовили в останні роки зростаючий інтерес до екологічної обстановки на планеті. Моделювання процесів вимагає регулярного одержання й аналізу об'єктивних даних про різні компоненти навколишнього середовища. Такі дані повинні покривати всю поверхню Землі, накопичуватися протягом тривалого періоду та охоплювати широкий спектр випромінювання^{29, 30, 31}.

Для сприяння розвитку космічних систем дослідження Землі у Національному управлінні з аеронавтики і космонавтики (NASA) США з початку 1980-х років розроблялася програма EOS (Earth Observing System). У рамках цієї програми було запущено три спеціалізовані супутники – Terra, Aqua і Aura, що призначені для дослідження суші, води й атмосфери відповідно. Космічний апарат EOS-AM1, що має також більш розповсюджену назву Terra, було запущено у рамках програми EOS 18 грудня 1999 року. Пізніше, 04 травня 2002 року, в продовження програми EOS було запущено космічний апарат EOS-PM1, що має також більш розповсюджену назву Aqua. Параметри орбіти КА Terra та Aqua наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Параметри орбіти КА Terra та Aqua

Параметр	Значення	
	Terra	Aqua
Вид орбіти	Сонячно-синхронна полярна	Сонячно-синхронна полярна
Апогей орбіти, км	685	708
Перигей орбіти, км	654	691
Період обертання, хв	98,1	98,88
Ексцентриситет	0	0,001203
Нахил, град	98,14	98,14
Напрямок руху	з півночі на південь	з півдня на північ

Термін служби кожного КА становить близько 6 років, проте вони функціонують по теперішній час. Призначення бортової спеціальної апаратури КА Terra та Aqua – одночасний погоджений збір інформації про радіаційний баланс Землі, атмосферну циркуляцію, взаємодію суші та океанів, властивості поверхні суші. Апарат Terra має масу 5,19 т. та містить п'ять систем збору інформації:

²⁹ Modeling of the Process of Optimization of Decision-Making at Control of Parameters of Energy and Technical Systems on the Example of Remote Earth's Sensing Tools / Maevsky O., Artemchuk V., Brodsky Y., Pilkevych I., Topolnitsky P. (Eds.). Babak V. et al. *Systems, Decision and Control in Energy*. Cham : Springer, 2020. P. 111–122.

³⁰ Information technologies in local geophysical process management methodology / Maevsky O., Artemchuk V., Brodsky Y., Topolnitsky P., Ikkoku C. *E3S Web of Conferences*. Kryvyi Rih, 2021. Vol. 280 : *Second International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2021)* (May 19–21, 2021).

³¹ Космічні технології у виробничій системі сільськогосподарських товаровиробників / Скидан О. В., Бродський Ю. Б., Топольницький П. П., Пивовар П. В. *Наукові горизонти*. 2019. № 4. С. 3–12.

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) – удосконалений космічний радіометр теплового випромінювання та відбиття;

MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) – скануючий спектрорадіометр середньої роздільної здатності;

MISR (Multi-angle Imaging Spectro-Radiometer) – багатокутовий скануючий спектрорадіометр;

CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System) – система вимірювання енергетичних випромінювань хмар та поверхні Землі;

MOPITT (Measurements of Pollution in the Troposphere) – система вимірювання забруднень тропосфери;

Апарат Aqua має масу 2,850 тон та містить шість систем збору інформації:

AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer-EOS) – удосконалений мікрохвильовий скануючий радіометр для дослідження характеристик хмар, температури поверхні морів, поверхневої швидкості вітру;

MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) – скануючий спектрорадіометр середньої роздільної здатності;

AMSU-A (Advanced Microwave Sounding Unit) – удосконалений мікрохвильовий зондуючий модуль для вимірювання температури та вологості атмосфери;

AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) – атмосферний інфрачервоний зонд вимірювання температури поверхні морів та суходолу;

HSB (Humidity Sounder for Brazil) – зонд вологості для Бразилії для вимірювання вологості атмосфери (не працює з 02 травня 2003 року);

CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System) – система вимірювання енергетичних випромінювань хмар та поверхні Землі.

Період покриття поверхні Землі супутниками TERRA та AQUA становить 1-2 дні.

Аналіз параметрів орбіти КА NOAA, TERRA та AQUA свідчить про їх геометричну видимість з позиції розташування комплексу та про потенційну можливість прийому ним радіосигналів від бортової спеціальної апаратури КА. Основні характеристики БСА, що стосуються виконання нею завдань за призначенням та передавання отриманої нею інформації до наземних станцій, розглянуті нижче.

Характеристики бортової спеціальної апаратури КА ДЗЗ NOAA TERRA та AQUA. Основними елементами БСА КА, що розглядаються, є прилади та системи отримання цифрових знімків – радіометри, спектрорадіометри та зонди. Загалом на КА NOAA, TERRA та AQUA встановлюється 25 різновидів таких пристроїв, основні яких буде розглянуто в рамках даного підрозділу. Ті з них, що являють значний інтерес, а також причини цього інтересу, будуть розглянуті більш детально. Основним елементом БСА апаратів серії NOAA є

прилад AVHRR. Даний пристрій забезпечує зйомку поверхні Землі у шести частотних каналах. Основні його параметри наведені у табл. 1.3.

Передача даних від апаратури AVHRR здійснюється у форматах APT та HRPT. Інформація в форматі APT містить дані двох з п'яти спектральних каналів AVHRR. Як правило, дані каналів 2 і 4 передають денні зображення, а канали 3В і 4 формують дані у нічний час. Просторова роздільна здатність зображень зменшується з оригінальної AVHRR 1,1 км/піксель до 3,5 км/піксель, щоб бути приблизно однаковою для всіх зображень.

Таблиця 1.3 – Основні параметри приладу AVHRR

Канал	Спектральний діапазон, мкм	Просторова роздільна здатність у надирі, км:	Ширина смуги огляду, км
1	0,58–0,68	3,500	3000
2	0,725–1,10	3,500	3000
3A	1,58–1,64	3,500	3000
3B	3,55–3,93	3,500	3000
4	10,3–11,3	3,500	3000
5	11,5–12,5	3,500	3000

Інформація, що отримується AVHRR, являє значний інтерес у рамках функціонування комплексу. Причинами цього слід вважати:

- вільний режим доступу до інформації;
- відкриті алгоритми подання інформації;
- досить нескладна апаратура і процес прийому та обробки інформації;
- наявність шести спектральних каналів та задовільна роздільна здатність знімків.

Пристрій ASTER – удосконалений космічний радіометр теплового випромінювання та відбиття забезпечує гіперспектральну 14-канальну зйомку в діапазоні від 0,52 до 11,65 мкм із роздільною здатністю 15-90 м і стереозйомку в діапазоні 0,76-0,86 мкм. Пристрій MISR – багатокутовий скануючий спектрорадіометр, який забезпечує чотиризональну зйомку під 9 кутами нахилу в діапазоні від 0,42 до 0,87 мкм із роздільною здатністю від 250 x 275 м до 1100 x 1100 м.

Пристрій CERES – система вимірювання енергетичних випромінювань хмар та поверхні Землі забезпечує зйомку в трьох широких спектральних зонах у діапазоні від 0,3 до 100 мкм із роздільною здатністю від 20 км (у надирі). Пристрій MORITT – система вимірювання забруднень тропосфери забезпечує двухзональну зйомку (4,7 і 2,2-2,4 мкм) з роздільною здатністю 22 км. Пристрій MODIS – скануючий спектрорадіометр середньої роздільної здатності. Він забезпечує гіперспектральну 36-канальну зйомку в діапазоні від 0,45 до 14,36 мкм із роздільною здатністю 250-1000 м та шириною смуги огляду 2300 м. Параметри апаратури MODIS наведені у табл. 1.4.

Розподіл спектральних каналів MODIS у зонах прозорості атмосфери Землі наведено на рис. 1.11. Відомості про формат цифрових зображень,

алгоритми і програми обробки зображень знаходяться у вільному доступі, що забезпечує велику популярність інформації MODIS в усьому світі.

Таблиця 1.4 – Параметри апаратури MODIS

Номер діапазону	Діапазон хвиль, нм	Розрізняюча здатність, м	Напрямок використання даних
1	620-672	250	Дослідження поверхні Землі, хмар, аерозолів
2	841-890	250	
3	459-479	500	
4	545-565	500	Дослідження властивостей поверхні Землі, хмар, аерозолів
5	1230-1250	500	
6	1628-1652	500	
7	2105-2155	500	
8	405-420	1000	
9	438-448	1000	Дослідження властивостей поверхні океану, фітопланктону
10	483-493	1000	
11	526-536	1000	
12	546-556	1000	
13	662-672	1000	
4	673-683	1000	
15	743-753	1000	
16	862-877	1000	
17	890-920	1000	
18	931-941	1000	Дослідження атмосферних випарів
19	915-965	1000	
20	3,660-3,840	1000	
21	3,929-3,989	1000	Вимірювання температури поверхні Землі та хмар
22	3,929-3,989	1000	
23	4,020-4,080	1000	
24	4,433-4,498	1000	
25	4,482-4,549	1000	Вимірювання температури атмосфери
26	1,360-1,390	1000	
27	6,535-6,895	1000	Дослідження властивостей перистих хмар
28	7,175-7,475	1000	
29	8,400-8,700	1000	Дослідження властивостей хмар
30	9,580-9,880	1000	Дослідження властивостей озонового шару
31	10,780-11,280	1000	Вимірювання температури поверхні Землі та хмар
32	11,770-12,270	1000	
33	13,185-13,485	1000	Вимірювання температури поверхні Землі та верхніх хмар
34	13,485-13,785	1000	
35	13,785-14,085	1000	
36	14,085-14,385	1000	

Отримання доступу до цифрових зображень, що передаються радіолінією безпосередньо з борту КА, є одним із головних завдань даної дослідно-конструкторської роботи. Узагальнені параметри КА та БСА за діапазонами частот наведено у табл. 1.5.

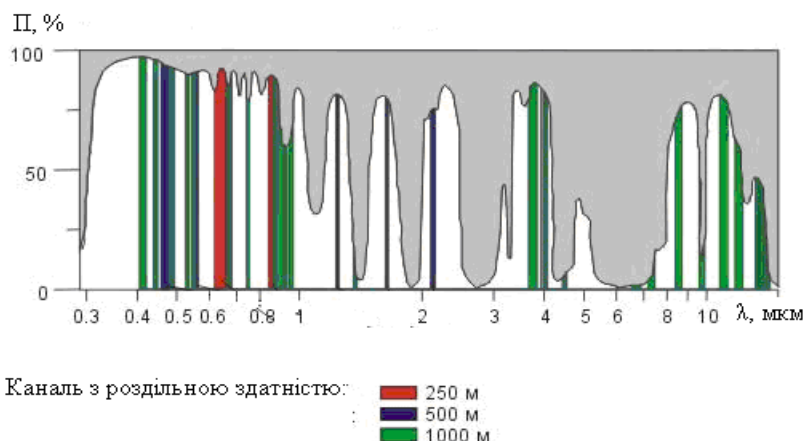


Рис. 1.11. Розподіл каналів MODIS у зонах прозорості атмосфери Землі

Дані параметри є базовими для розрахунку радіолінії прийому спеціальної інформації, обґрунтування вимог, що висуваються до комплексу, та розробки технічних рішень щодо побудови його складових. Дані знімаються БСА і передаються на наземні пункти прийому у реальному часі. Передача даних проводиться по радіолінії борт-Земля в X-діапазоні.

Таблиця 1.5 – Узагальнені параметри космічних апаратів ДЗЗ

Робоча частота, МГц	Космічний апарат	Середня кількість прольотів на добу	Потужність передавача, Вт	Коефіцієнт підсилення бортової антени, дБ
137,9125	NOAA-18	4	5	≈ 0,3
137,100	NOAA-19	4		
1707,0	NOAA-18	4	6,3	≈ 1
1698,0	NOAA-19	4		
8212,5	TERRA	4	23	≈ 6
8160,0	AQUA	4		

Таким чином, КА ДЗЗ серії NOAA, TERRA та AQUA є доступними для комплексу для отримання цифрових зображень низького, середнього та високого розрізнення. Враховуючи загальний склад орбітального угруповання КА ДЗЗ, з позиції розташування комплексу може бути проведено до 44 сеансів прийому спеціальної інформації ДЗЗ протягом доби.

Відповідно до характеристик космічних радіоліній створений комплекс складається з трьох станцій:

1. Станції прийому СІ метрового діапазону, що забезпечує прийом інформації в діапазоні частот 137-138 МГц (КА серії NOAA, формати APT) та її передачу в систему реєстрації, відображення та попередньої обробки СІ.

2. Станції прийому СІ L-діапазону, що забезпечує прийом інформації в діапазоні частот 1670-1710 МГц з інформативністю 1 Мбіт/с (КА NOAA, формат HRPT) та її передачу в систему реєстрації, відображення та попередньої

обробки СІ. Станція L діапазону побудована на базі антенної системи АП-1 з діаметром дзеркала 2,5 м.

3. Станції прийому СІ Х-діапазону, що забезпечує прийом інформації в діапазоні частот 8128-8332 МГц з інформативністю до 75 Мбіт/с (бортова апаратура MODIS KA Terra, Aqua) та її передачу в систему реєстрації, відображення та попередньої обробки СІ. Станція побудована на основі використання антенних систем з діаметром дзеркала 5 м та апаратури командно-вимірювальної системи 17Н972 «Фазан».



Рис. 1.12. Антенна система станції метрового діапазону

Станція прийому інформації метрового діапазону у діапазоні 137 МГц є складовою частиною комплексу і призначена для прийому, відображення в реальному масштабі часу та реєстрації метеорологічної інформації від полярно-орбітальних супутників серії NOAA у форматі АРТ з малим (близько 4 км) просторовим розрізненням у смузі огляду близько 3000 км. Основну частину прийнятої інформації становлять дані двох спектральних каналів (близького і інфрачервоного скануючого радіометра AVHRR). Станція дозволяє одержувати зображення навколишньої території 8-12 раз на добу. Обсяг інформації, прийнятої за один сеанс зв'язку, може становити до 3-3,5 Мбайт.

Відеосигнал для передачі СІ формату АРТ формується на борту КА NOAA з даних високого розрізнення радіометра AVHRR. АРТ сигнал містить дані двох зображень (видимий і інфрачервоний відрізок спектру), дані для калібрування та телеметричні дані. Вибір каналів для передачі на Землю визначається наземним центром управління. Протягом денного проходу АРТ сигнал містить відео від AVHRR видимого каналу 1 і інфрачервоного каналу 4. Цифрові дані від двох обраних спектральних каналів обробляються в бортовому процесорі з метою зменшення роздільної здатності (з 1,1 до 4 км) і лінеаризації даних уздовж лінії сканування так, щоб розрізняюча здатність

була рівномірною. Після цифрової обробки дані мультиплекуються з відповідними каліброваними та телеметричними даними. Потім процесор перетворює мультиплексовані дані в аналоговий сигнал, проводить його низькочастотну фільтрацію та модулює цим сигналом несучу частоту 2400 Гц. Максимальна модуляція визначається як амплітуда сірої шкали рівня 8, що відповідає індексу модуляції $87 \pm 5\%$. На рис. 1.13 показаний формат рядка відеоінформації АРТ режиму.

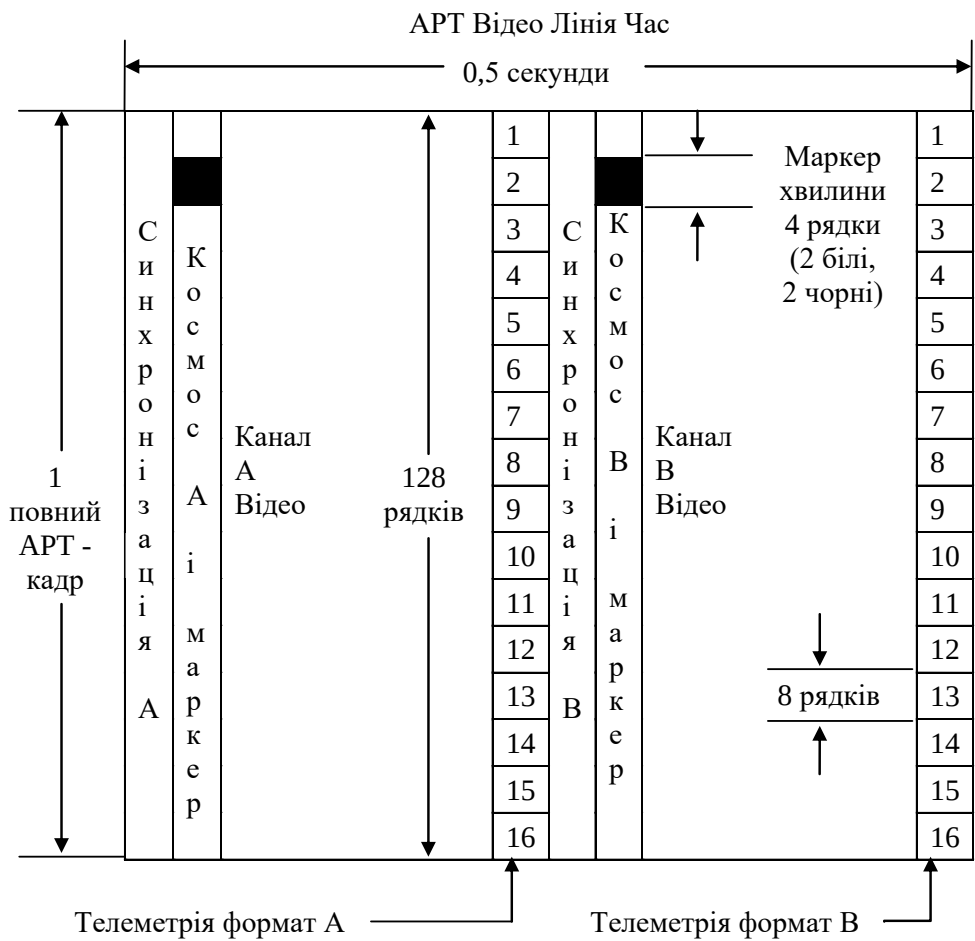


Рис. 1.13. Формат кадру телеметрії в режимі АРТ

Станція прийому інформації L діапазону призначена для прийому, відображення в реальному масштабі часу та реєстрації групового цифрового потоку інформації від апаратури AVHRR полярно-орбітальних супутників серії NOAA в форматі HRPT, що надходить у діапазоні 1,7 ГГц (рис. 1.14). Інформаційна швидкість передачі інформації складає – 750,0 Кбіт/с, технічна – 1,3 Кбіт/с. Основну частину прийнятого потоку становлять дані скануючого радіометра AVHRR, який формує зображення підстилаючої поверхні Землі у п’яти спектральних діапазонах (від видимого до теплового інфрачервоного),

у смузі огляду шириною 3000 км із просторовим розрізненням у середині смуги 1,1 км. Станція дозволяє одержувати зображення навколишньої території 8-12 раз на добу. Обсяг інформації, прийнятою за один сеанс зв'язку, може становити до 80 Мбайт.



Рис. 1.14. Станція L-діапазону

Станція прийому інформації X діапазону призначена для прийому, відображення в реальному масштабі часу та реєстрації групового цифрового потоку інформації від апаратури MODIS KA TERRA, AQUA, що надходить у діапазоні 8,2 ГГц. Інформаційна швидкість передачі інформації для AQUA складає 15 Мбіт/с, для TERRA – 13,25 Мбіт/с³².

При роботі в складі комплексу станції прийому СІ забезпечують приймання, розпакову, реєстрацію та візуалізацію супутникових даних у темпі поступлення інформації з КА та передачу зареєстрованої інформації після сеансу в систему архівації, відображення та попередньої обробки.

³² Підвищення завадостійкості пункту прийому цільової інформації з космічних апаратів в форматі HRPT / Топольницький П. П., Андреев О. В., Парфенюк В. Г., Франжі О. В. *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем*. 2016. Вип. 13. С. 20–29.



Рис. 1.16. Станція Х-діапазону



Рис. 1.17. Приклад космічного знімку, отриманого станцією прийому інформації X - діапазону

Основні тактико-технічні характеристики (ТТХ) елементів комплексу наведені в таблицях 1.6-1.8:

Таблиця 1.6 – Основні ТТХ наземної станції приймання інформації ДЗЗ НСПІ-8.2

Діапазон частот	7,7 – 8,5 ГГц
Висота орбіт КА ДЗЗ	400 – 36000 км
Тип антени	Параболічна
Діаметр рефлектора	5,0 м
Сектор повороту антени: за азимутом за кутом місця	0... ± 270 град 0...90 град
Швидкість руху антени: за азимутом за кутом місця	≤14,0 град/с ≤4,0 град/с
Наведення антени	ручне, програмне, програмне з корекцією
Похибка наведення антени	≤ 4,0 кут. хв
Ширина діаграми спрямованості	0,5 град
Поляризація сигналу X-діапазону	кругова права та ліва
Модуляція сигналу X-діапазону	BPSK, QPSK, OQPSK, UQPSK, 8PSK
Швидкість передачі даних	≥ 75,0Msp

Таблиця 1.7 – Основні ТТХ наземної станції приймання інформації ДЗЗ НСПІ-1.7

Діапазон частот	1,6 – 1,71 ГГц
Висота орбіт КА ДЗЗ	400 – 36000 км
Тип антени	Параболічна
Діаметр параболічного рефлектора	2,4 м
Сектор повороту антени: за азимутом за кутом місця	0... ± 180 град 0...85 град
Швидкість руху антени: за азимутом за кутом місця	≤10,0 град/с ≤10,0 град/с
Наведення антени	ручне, програмне
Похибка наведення антени	≤ 6,0 кут. хв
Ширина діаграми спрямованості	4,0 град
Поляризація сигналу L-діапазону	кругова права
Модуляція сигналу L-діапазону	PPSK, QPSK
Швидкість передачі даних у каналі	≤ 30,0Mpsps

На рис. 1.18 наведено типову структуру космічної системи ДЗЗ та інформаційний обмін в ній. З аналізу схеми випливає, що створений комплекс виконує практично всі задачі, покладені на космічну систему, за винятком задач управління бортовою апаратурою^{33, 34, 35}.

Таблиця 1.8 – Основні ТТХ наземної станції приймання інформації ДЗЗ НСПІ-137

Діапазон частот	137–138 МГц
Висота орбіт КА ДЗЗ	400 – 800 км
Тип антени	Турнікетна
Довжина 1/4-хв. вібраторів	538 мм
Довжина 1/2-хв. рефлекторів	1195 мм
Зона радіовидимості: за азимутом за кутом місця	360 град 0 – 90 – 0 град
Діаграма спрямованості	кругова
Кількість каналів приймання даних	1
Поляризація сигналу	кругова
Модуляція сигналу	ЧМ–АМ
Швидкість передачі даних	Аналоговий сигнал

³³ Топольницький П. П., Пулеко І. В., Осадчук Р. М. Оцінка можливостей військового дешифрування знімків з космічного апарату ДЗЗ «Січ-2». *Збірник наукових праць в/ч А1906*. 2012. № 34. С. 58–70.

³⁴ Пат. 57496 Україна, МПК G05B 19/04. Патент на корисну модель. Спосіб планування роботи бортових систем космічних апаратів / Топольницький П. П., Ожінський В. В., Парфенюк В. Г., Загорулько О. М. Опубл. 25.02.2011, Бюл. № 4.

³⁵ Пат. 66195 Україна, МПК G05B 17/00. Спосіб відбракування космічних знімків за хмарністю / Топольницький П. П., Ожінський В. В., Парфенюк В. Г., Загорулько О. М. Опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24.

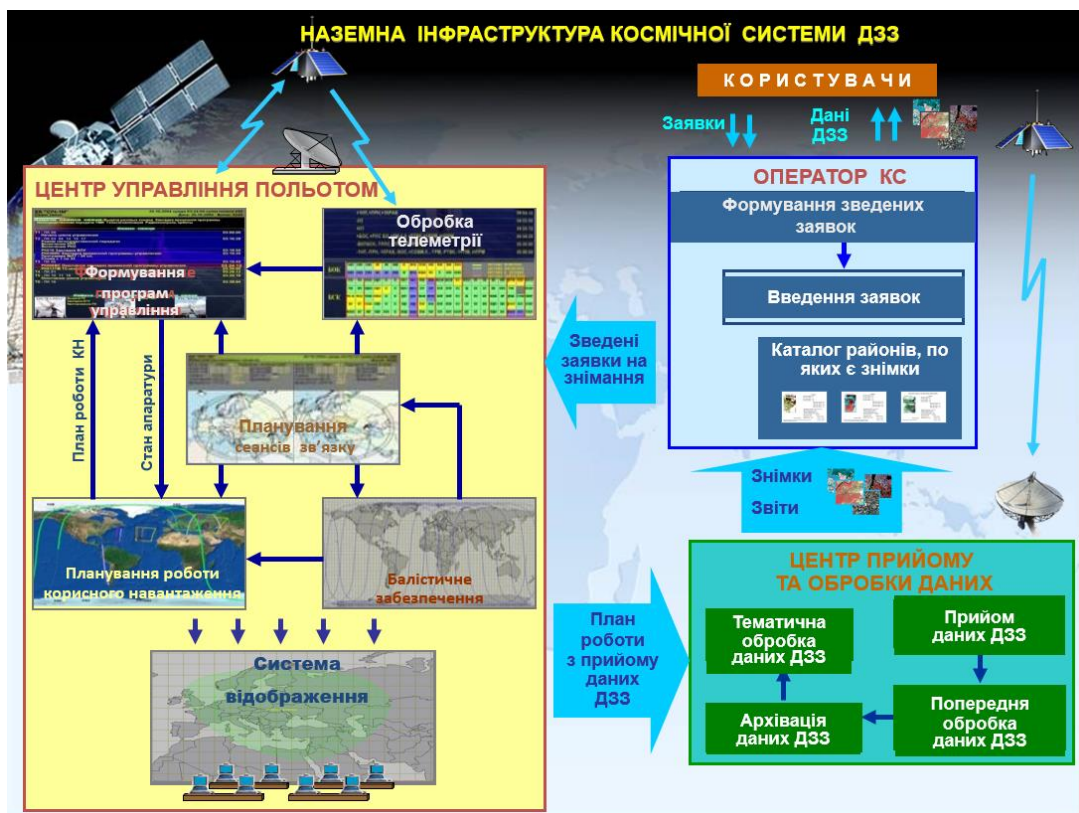


Рис. 1.18. Структура космічної системи ДЗЗ

Застосування комплексу за призначенням організується шляхом підготовки та проведення сеансів зв'язку з КА станціями приймання інформації та передбачає наступні режими їх роботи:

- приймання сигналів з КА та декодування прийнятої інформації;
- реєстрація прийнятої інформації;
- прив'язка інформації, що реєструється, до єдиного часу;
- документування результатів передсеансного контролю і якісних показників сеансу зв'язку;
- автоматизований контроль стану станцій, управління процесом підготовки та проведення сеансу зв'язку.

Робота на станціях прийому інформації організується з урахуванням їх функціонування в різних періодах часу – сеансному, міжсеансному та автономному. Для станції часом початку сеансу приймання інформації з КА(сеансу зв'язку) вважається час першої точки цілевказівок у зоні видимості станцією КА. У період сеансного періоду:

- проводяться операції підготовки станції до виконання конкретного сеансу зв'язку – передсеансні операції;
- здійснюється безпосередній інформаційний радіоконтакт КА з наземною станцією, попередня обробка прийнятої з КА інформації та її реєстрація – сеансні операції;

– виконуються технологічні операції з видачі в канал зв'язку прийнятої й обробленої інформації з КА, а також звітів про результати виконання засобами наземної станції програми СС – післясеансні операції.

В міжсеансному періоді (період часу між часом закінчення виконання сеансних операцій одного сеансу зв'язку і початком виконання передсеансних операцій наступного за ним планованого сеансу зв'язку) проводиться передача зареєстрованої станцією інформації в систему архівації, відображення та попередня обробка СІ, подальша її архівація і обробка.

Протягом автономного періоду функціонування проводяться операції технічного обслуговування та ремонтні роботи, а також можуть вирішуватися різні завдання, не пов'язані із застосуванням станцій за цільовим призначенням. Автономний період за часом може накладатися на міжсеансний період. Для сеансного періоду функціонування станцій прийому інформації встановлюється їх готовність до виконання сеансу зв'язку, зокрема технічна готовність. Час готовності відліковують від часу початку сеансу зв'язку. Час початку/кінця операцій у кожній готовності відліковують від часу початку сеансу зв'язку. Часові графіки застосування станцій при виконанні передсеансних, сеансних і післясеансних операцій визначаються експлуатаційною документацією на станції. Зареєстрована під час сеансу зв'язку інформація передається на програмно-технічний комплекс системи архівації, відображення та попередньої обробки СІ. Після сеансів зв'язку ПТК АРМ оператора комплексу формує експрес-звіт про сеанс зв'язку та якість прийнятої з КА інформації.

Поліський національний університет – єдиний в Україні заклад вищої освіти, який має повний комплекс наземних станцій приймання інформації ДЗЗ, лабораторію ДЗЗ з програмно-апаратними комплексами оброблення космічних знімків. Наземна станція приймання інформації СНПІ-8,2, створена на базі Поліського національного університету, є першою українською станцією приймання даних в Х-радіодіапазоні, яка включена до переліку аналогічних станцій в світі³⁶.

1.5. Наземний інформаційний комплекс космічного моніторингу Землі НЦУВКЗ

Національні космічні системи ДЗЗ створювалися у рамках Загальнодержавних науково-технічних космічних програм України. Функції оператора цих систем покладено на НЦУВКЗ. Як оператор національних космічних систем ДЗЗ НЦУВКЗ забезпечує:

- управління польотами національних космічних апаратів;

³⁶ X-Band Direct Readout Sites. NASA : website. URL: <https://directreadout.sci.gsfc.nasa.gov/?id=dspContent&cid=78#UKRAINE>

- планування проведення сеансів космічного знімання з борту КА визначених районів земної поверхні за замовленням споживачів;

- прийом, обробку, аналіз та зберігання інформації ДЗЗ з національних та іноземних КА;

- надання результатів обробки даних ДЗЗ користувачам, зокрема оперативне інформаційне забезпечення відповідних державних органів та вищих посадових осіб держави щодо виявлення потенційних та фактичних загроз національній безпеці.

Космічні системи ДЗЗ являють собою сукупність космічних та наземних технічних і інформаційних засобів, які функціонально та організаційно пов'язані між собою і забезпечують виконання завдань ДЗЗ. Загальноприйнятим є поділ КС на орбітальну та наземну складові. До орбітальної складової належать КА або угруповання КА, до наземної – наземний комплекс управління (НКУ) та наземний інформаційний комплекс (НІК).

Управління КА в польоті являє собою складний технологічний процес, що складається з взаємопов'язаних і рознесених за часом операцій, які спрямовані на забезпечення виконання КА цільової задачі. В залежності від задач, наявних умов та чинників наземний комплекс управління КА може бути як багатопунктним, так і однопунктним. В Україні прийнята однопунктна технологія управлінням КА. Науково-технічне обґрунтування доцільності реалізації однопунктної технології управління було виконано провідними науково-дослідними установами космічної галузі за замовленням ДКА України до запуску першого національного супутника «Січ-1» у 1995 році. Реалізація однопунктного підходу до побудови обумовлена вимогою розміщення НКУ виключно на території України, а створення додаткових пунктів було визнано нераціональним, оскільки для КА з орбітами вище 200 км пункти управління на території України розглядаються як єдиний пункт. Слід відзначити, що однопунктна технологія має ряд переваг та недоліків.

До переваг належать:

- досягається повна автономність управління;
- суттєво скорочуються інформаційні потоки та підвищується оперативність обробки отриманих даних і прийняття рішень;

- з'являється можливість більш високої спеціалізації як технічних, так і програмних засобів, що в цілому підвищує ефективність управління КА.

При цьому однопунктній технології управління КА об'єктивно притаманні обмежена кількість та тривалість сеансів зв'язку, що обумовлюють більш жорсткі вимоги до оперативності обробки та аналізу телеметричної інформації (ТМІ).

Таким чином, у результаті виконання згаданих загальнодержавних програм НЦУВКЗ експлуатує наземний комплекс управління у складі станції суміщеної командно-телеметричної радіолінії (СКТРЛ-М1), перспективної універсальної наземної станції управління «ПЕРЛИНА» (УНСУ «ПЕРЛИНА»), Центру управління польотами (рис. 1.19).



Рис. 1.19. Наземний комплекс управління КА

Складові НКУ НЦУВКЗ мають своє призначення і в комплексі забезпечують повний цикл управління космічними апаратами, що включає:

- планування робіт;
- оцінку параметрів траєкторії КА;
- контроль енергозабезпечення КА, витрат робочого тіла й інших бортових ресурсів;
- оцінку стану апаратури бортових забезпечувального і спеціального комплексів;
- оперативне управління;
- контроль і документування процесу управління.

Наземна станція суміщеної командно-телеметричної радіолінії (СКТРЛ-М1) призначена для забезпечення обміну між КА та станцією командно-програмною, телеметричною, контрольно-квитанційною інформацією, забезпечення вимірювання поточних навігаційних параметрів КА. Основні технічні характеристики станції представлені в таблиці 1.9.

Універсальна наземна станція управління (УНСУ) «Перлина» призначена для забезпечення обміну між КА та станцією командно-програмною, телеметричною, контрольно-квитанційною інформацією, забезпечення вимірювання поточних навігаційних параметрів КА, вимірювання розбіжності бортової та наземної шкал часу та видачі результатів в ЦУП.

Основні технічні характеристики станції наведені в таблиці 1.10.

Таблиця 1.9 – Основні технічні характеристики СКТРЛ-М1

Технічні параметри	Показники
1. Діапазон частот: лінія земля-космос лінія космос-земля	2,025 – 2,110 ГГц; 2,200 – 2,290 ГГц;
2. Поляризація сигналу в S-діапазоні	кругова ліва
3. Діаметр основного дзеркала, м	3,2
4. Ширина діаграми направленості випромінювання, град: в діапазоні частот 2025–2110 МГц в діапазоні частот 2200-2900 МГц	3,2 ± 0,3 град; 3,0 ± 0,3 град.
5. Швидкість передачі даних, Кбіт / с: лінія “земля-космос” лінія “борт-земля”	модуляція MSK –32,0; модуляція PCL/PM/SP–L –100,0; 150,0; модуляція QPSK–100,0; модуляція MSK– 8,0; 32,0; модуляція QPSK–100,0; 150,0; 400,0.
6. Потужність передавача, на виході випромінювача, Вт	10
7. Час підготовки станції до сеансу	20 хв
8. Час переходу на інший супутник	10 хв
9. Максимальне енергоспоживання	7 кВт

НІК НЦУВКЗ забезпечує прийом, попередню обробку та архівацію даних ДЗЗ від національних КС (рис. 1.20).

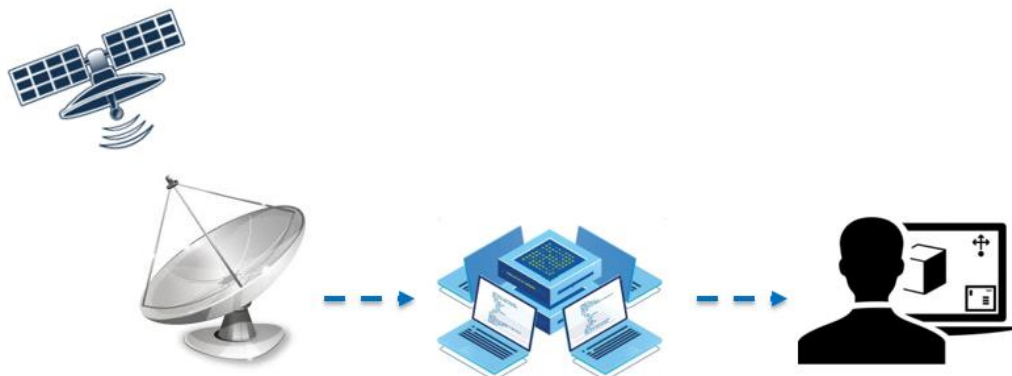


Рис. 1.20. Схема прийому інформації від національних КС

Таблиця 1.10 – Основні технічні характеристики універсальної наземної станції управління «Перлина»

Технічні параметри	Показники
1. Діапазон частот, МГц лінія земля-космос лінія космос-земля	2025 – 2120 2200 – 2300
2. Поляризація сигналу в S-діапазоні	кругова ліва та права
3. Діаметр основного дзеркала, м, не менше	8,0
4. Ширина діаграми направленості випромінювання, мінус 3 дБ, град: в діапазоні частот 2025–2120 МГц в діапазоні частот 2200-2300 МГц	1,3 ± 0,1 1,1 ± 0,1
5. Коефіцієнт посилення антенного пристрою на виході випромінювача в каналі правої та лівої поляризації, дБ, не менше: на 2089 МГц на 2269 МГц	41,0 41,7
6. Швидкість передачі даних в бодах, Кбіт / с: лінія “земля-космос” лінія “борт-земля”	0,1 .. 1024 Кбіт / с 0,1 .. 2048 Кбіт / с
7. Тип модуляції сигналу: лінія “земля-космос” лінія “космос-земля”	BPSK/QPSK/OQPSK/ PCL/PM/SP-L; BPSK/QPSK/OQPSK
8. Потужність передавача, що передається на вихід випромінювача, Вт	не менше 10
9. Час підготовки станції до сеансу, хв	20
10. Час переходу на інший супутник, хв, макс	10
11. Максимальне енергоспоживання, кВт	15

Проте, в умовах систематичного недофінансування загальнодержавних науково-технічних космічних програм України склалася ситуація, що наразі Україна не має власного угруповання космічних апаратів. За цих умов Національний центр вжив заходів з організації забезпечення користувачів, у тому числі сектору безпеки та оборони України, даними іноземних систем ДЗЗ, що приймаються на власні технічні засоби (рис. 1.21).

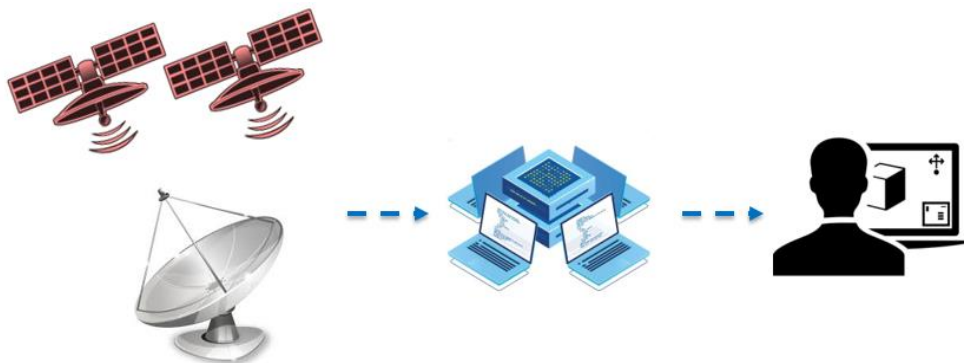


Рис. 1.21. Схема прийому інформації від іноземних КС

За рахунок реалізації програм з модернізації та розвитку наземної інфраструктури НЦУВКЗ може забезпечити прийом інформації як від національних, так і від іноземних КА (рис. 1.22).

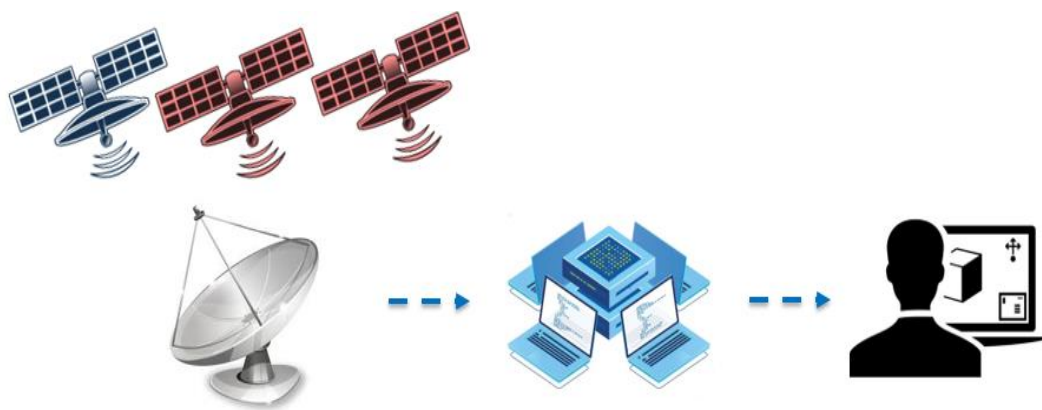


Рис. 1.22. Схема прийому інформації від національних та іноземних КС

НІК забезпечує приймання знімків низького, середнього, високого та надвисокого просторового розрізнення від вітчизняних та іноземних космічних апаратів ДЗЗ в X, L, VHF діапазонах в межах зон радіовидимості приймальних станцій (рис. 1.23).



Рис. 1.23. Зони радіовидимості станцій прийому інформації ДЗЗ

До складу НІК НЦУВКЗ (рис. 1.24) входять: універсальні наземні станції прийому інформації (УНСПІ, УНСПІ-2), приймальна станція ПС-8.2,

станція приймання інформації ППІ-1.7Д, наземна станція прийому даних (НСПД) «Надія», наземна станція прийому інформації (НСПІ), архів даних ДЗЗ.

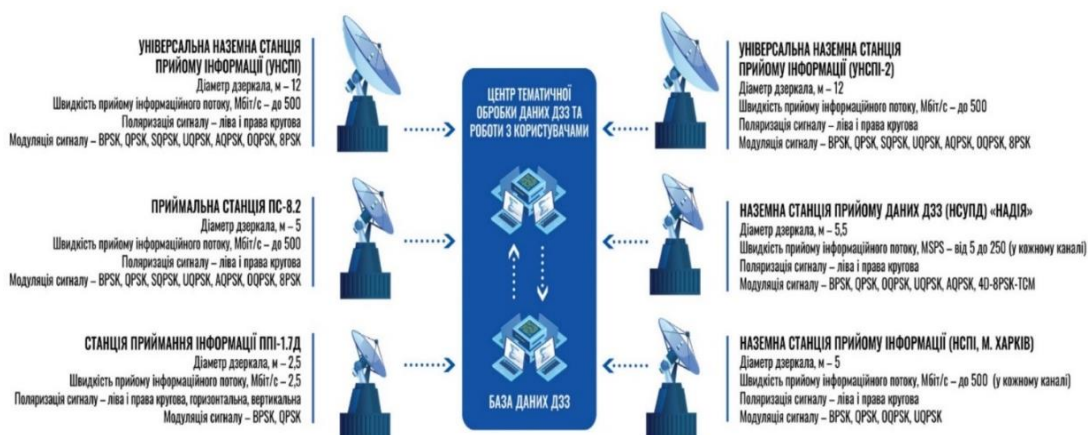


Рис. 1.24. Склад наземного інформаційного комплексу НЦУВКЗ

Основні технічні характеристики станцій прийому інформації наведені у у табл. 1.11-1.15. Отримані дані систем ДЗЗ надаються споживачам за їх запитом у форматах необроблених даних; даних різних рівнів обробки, які визначаються споживачами; тематично оброблених даних з аналітичними матеріалами.

Таблиця 1.11 – Технічні характеристики наземних прийомних станцій УНСПІ, УНСПІ-2

Технічні параметри	Показники
Тип антени	Рефлективно-параболічний
Діаметр дзеркала антени	12 м
Робоча частота	7700-8500 МГц
Поляризація вхідного сигналу	LHPC і RHPC
Кількість каналів прийому даних корисного навантаження	4
Тип модуляції; швидкість передачі у бітах на каналі:	(5-250) Мбіт/с для BPSK; (5-500) Мбіт/с для QPSK, OQPSK, UQPSK, AQPSK;
Ширина діаграми спрямованості	13.5±1,5 кут. хв
Управління АС	автоматичне, ручне
Тип опорно-поворотного пристрою	азимутально-кутомістна
Діапазон обертання по азимуту	0±270 град.
Діапазон обертання по куту місця	7-85 град.
Максимальна швидкість наведення по азимуту	10 град./сек
Максимальна швидкість наведення по куту місця	5 град./сек
Максимальна похибка динамічного націлювання при відстеженні за цільовими маркерами	2 кут. хв
Статична похибка наведення за координатами	1.5 кут. хв
Максимальна гранична швидкість вітру	25 м/сек
Мінімальний проміжок часу між сеансами	10 хв

Таблиця 1.12 – Технічні характеристики наземної прийомної станції ПС-8.2

Технічні параметри	Показники
Тип антени	Рефлексивно-параболічний
Діаметр дзеркала антени	5 м
Робоча частота	7700-8500 МГц
Поляризація вхідного сигналу	LHPC і RHPC
Кількість каналів прийому даних корисного навантаження	4
Тип модуляції; швидкість передачі у бітах на каналі:	(5-250) Мбіт/с для BPSK; (5-500) Мбіт/с для QPSK, OQPSK, UQPSK, AQPSK; (5-225) Мбіт/с для 8-PSK
Підсилення антенної системи	50 дБ
Добротність антени (відношення коефіцієнта підсилення антени до шумової температури)	30.638 (8.2 ГГц)
Ширина діаграми направленості	30 кут. хв
Управління АС	автоматичне, ручне
Тип опорно-поворотного пристрою	азимутально–кутомістна
Діапазон обертання по азимуту	0±270 град
Діапазон обертання по куту місця	3-88 град
Максимальна швидкість наведення по азимуту	18 град/сек
Максимальна швидкість наведення по куту місця	4 град/сек
Максимальна похибка динамічного націлювання при відстеженні за цільовими маркерами	2 кут. хв
Статична похибка наведення за координатами	1.5 кут. хв
Максимальна гранична швидкість вітру	30 м/сек
Мінімальний проміжок часу між сеансами	10 хв

Таблиця 1.13 – Технічні характеристики наземної прийомної станції ПП-1,7Д

Технічні параметри	Показники
Тип антени	Дзеркально-параболічна
Діаметр дзеркала антени	2,5 м
Робоча частота	1,650-2,250 ГГц
Поляризація вхідного сигналу	права круг., ліва круг., лінійна горизонт., лінійна вертикальна
Кількість каналів прийому даних корисного навантаження	1
Тип модуляції; швидкість передачі у кілобітах :	ЧМ, ФМ, BPSK, QPSK; 1500
Підсилення антенної системи	33 дБ
Чутливість приймального тракту	- 120дБ
Ширина діаграми направленості	3,3 град
Управління АС	програмне, ручне
Тип опорно-поворотного пристрою	азимутально–кутомістна
Діапазон обертання по азимуту	0±270 град
Діапазон обертання по куту місця	0-90 град

Продовження табл. 1.13

Максимальна швидкість наведення по азимуту	7 град/сек
Максимальна швидкість наведення по куту місця	4 град/сек
Максимальна похибка динамічного націлювання при відстеженні за цільовими маркерами	15 кут. хв
Статична похибка наведення за координатами	15 кут. хв
Максимальна гранична швидкість вітру	30 м/сек
Мінімальний проміжок часу між сеансами	10 хв

**Таблиця 1.14 – Технічні характеристики наземної станції
НСУПД-2 (Надія)**

Найменування параметру	Номінальне значення
1. Діапазон частот, ГГц в S-діапазоні -по лінії «Земля-космос» -по лінії «космос-Земля» в X-діапазоні -по лінії «космос-Земля»	2,025-2,110 2,200 - 2,290 7,700 - 8,500
2. Кількість каналів прийому даних корисного навантаження КА в X – діапазоні	не менше 2
3. Кількість каналів прийому телеметричної інформації в S – діапазоні	1
4. Поляризація сигналу: - в S-діапазоні - в X-діапазоні	кругова права та ліва кругова права та ліва
5. Модуляція сигналу: в S-діапазоні в X-діапазоні на лінії «космос-Земля»	MSK, PCL/PM/SP-L, QPSK MSK, QPSK BPSK, QPSK, OQPSK, UQPSK, AQPSK, 4D-8PSK-TCM
6. Швидкість передачі даних в кожному каналі: в S-діапазоні, кбіт/с лінія «Земля-космос» - модуляція MSK - модуляція PCL/PM/SP-L, QPSK лінія «космос-Земля» -модуляція MSK -модуляція QPSK в X-діапазоні, Msps	32,0 100,0; 150,0 8,0; 32,0 100,0; 150,0; 400,0... 1000,0 від 5 до 250 (у кожному каналі)
7. Добротність станції при куті місця 5° та ясному небі, не менш, дБ/К в S-діапазоні в X-діапазоні	16 32
8. Максимальна еквівалентна ізотропно-випромінювана потужність в S - діапазоні, дБВт	45
9. Час входження до синхронізму, с	1
10. Діаметр параболічного рефлектора антенного пристрою, м	5,5
11. Наведення антени	Ручне, програмне, програмне з корекцією ЦУ

Продовження табл. 1.14

12. Максимальна похибка наведення АС, кут. хв., не більше	4
13. Сектор повороту антени, град - по E1 - по E2	0 -180 0 - 180
14. Максимальна швидкість руху антени при проведенні сеансу, град/с - по E1 - по E2	16 16
15. Максимальна швидкість руху антени при русі в вихідне положення з плавною зміною прискорення при початку та закінченні руху, град/с - по E1 - по E2	8 8
16. Максимальне прискорення руху антени, град/с при проведенні сеансу - по E1 - по E2	1,0 0,3
17. Точність виміру похилої дальності, м	не гірше 50 (для вітчизняних КА)
18. Точність виміру радіальної швидкості, м/с	не гірше 0,05 (для вітчизняних КА)
19. Максимальна тривалість сеансу, хв.	15
22. Тип інтерфейсу користувача	Ethernet (1000 Мбіт/с)
23. Час підготовки станції до сеансу, хв., не більш	20
24. Час переналаштування станції на інший КА, хв., не більше	10
25. Максимальна споживана потужність, кВт	6
26. Максимальна маса антенного пристрою	25 т

Таблиця 1.15 – Технічні характеристики наземної станції прийому інформації НСПІ

Технічні параметри	Показники
Тип антени	Дзеркально-параболічна
Діаметр дзеркала антени	5 м.
Робоча частота	7900-8500 МГц
Поляризація вхідного сигналу	права круг., ліва круг
Кількість каналів прийому даних корисного навантаження	2
Тип модуляції; швидкість передачі у бітах на каналі:	BPSK, QPSK, OQPSK, UQPSK від 1 до 500
Управління АС	автоматичне, ручне
Діапазон обертання по азимуту	0±270 град
Діапазон обертання по куту місця	5-90 град
Максимальна швидкість наведення по азимуту	0-9 град/сек
Максимальна швидкість наведення по куту місця	0-4 град/сек
Максимальна похибка динамічного націлювання при відстеженні за цільовими маркерами	7 кут. хв
Мінімальний проміжок часу між сеансами	10

РОЗДІЛ 2

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ

2.1. Аналіз сільських територій України на основі продукту ESA WorldCover 2020

На порозі XXI століття ера виключно військового космосу завершилася, і на сьогодні значна частина космічних апаратів працюють на благо соціально-економічного розвитку соціуму. Особливо корисною є інформація, отримана з космічних апаратів для вирішення екологічних, соціальних та економічних проблем. Супутникова інформація, як джерело даних для геоінформаційних технологій, дає можливість подолати проблему суб'єктивності або так званого «людського фактора». При цьому, враховуючи темпи розвитку методів статистичного аналізу, з кожним роком покращується аналітичний продукт, як результат обробки інформації з космічних апаратів та оброблених за допомогою геоінформаційних систем та технологій космічних даних. До такого продукту можна віднести класифіковані зображення земної поверхні.

Інформація про стан та зміну земного покриву на сьогодні є широкозатребуваною в багатьох сферах людської діяльності, особливо в таких як міське та регіональне планування^{37,38}, моніторинг стану навколишнього середовища та оцінка антропогенного впливу на нього^{39,40}, прогнозування та моніторинг наслідків катастроф, визваних природними та антропогенними факторами^{41,42}, моніторинг стану розвитку сільськогосподарських культур та оцінка стану ґрунту⁴³ тощо. Причини такої широкої імплементації моніторингу земного покриву в різні сфери людської діяльності викликані, з одного боку, розвитком апаратної частини ДЗЗ у вигляді таких космічних апаратів як Landsat, SPOT, Sentinel, IRS, ASTER, MODIS. В той же час, з іншої сторони, потужним стимулом розвитку була і є імплементація статистичних методів в процес класифікації земної поверхні у

³⁷ Hashem N., Balakrishnan P. Change analysis of land use/land cover and modelling urban growth in Greater Doha. *Qatar. Ann. Gis.* 2015. Vol. 21. P. 233–247.

³⁸ Assessment of land use/land cover change in the North-West District of Delhi using remote sensing and GIS techniques / Rahman A., Kumar S., Fazal S., Siddiqui M. A. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing.* 2012. Vol. 40. P. 689–697.

³⁹ Liou Y. A., Nguyen A. K., Li M. H. Assessing spatiotemporal eco-environmental vulnerability by Landsat data. *Ecological Indicators.* 2017. Vol. 80. P. 52–65.

⁴⁰ Nguyen K. A., Liou Y. A. Mapping global eco-environment vulnerability due to human and nature disturbances. *MethodsX.* 2019. Vol. 6. P. 862–875.

⁴¹ Talukdar S., Pal S. Wetland habitat vulnerability of lower Punarbhaba river basin of the uplifted Barind region of Indo-Bangladesh. *Geocarto International.* 2018. Vol. 35 (8). P. 1–30.

⁴² Braun A., Hochschild V. A SAR-Based Index for Landscape Changes in African Savannas. *Remote Sensing.* 2017. Vol. 9(4), iss. 359. URL: <https://doi.org/10.3390/rs9040359>

⁴³ Land-use change from arable lands to orchards reduced soil erosion and increased nutrient loss in a small catchment / Chen Z., Wang L., Wei A. et al. *Science of the Total Environment.* 2019. Vol. 648. P. 1097–1104.

вигляді алгоритмів машинного навчання⁴⁴. Методи машинного навчання поділяються на дві гілки: контрольовані (з вчителем) та неконтрольовані (без вчителя)⁴⁵. Методики контрольованої класифікації включають машинне навчання на основі опорних векторів (SVM), випадковий ліс (RF), відображення спектрального кута (SAM), нечітке адаптивне відображення з наглядом за теорією резонансу (Fuzzy ARTMAP), відстань Махаланобіса (MD), радіальну базову функцію (RBF), дерево рішень (DT), багат шарове сприйняття (MLP), наївний байєсівський класифікатор (MLC) і нечітка логіка, тоді як методи класифікації без нагляду включають кластерний алгоритм поширення спорідненості (AP), нечіткий Алгоритми С-середніх, алгоритм К-середніх, ISODATA (ітераційні самоорганізуючі дані) тощо⁴⁶.

Територія дослідження. Площа України становить 603 548 км². Чисельність населення станом на 1 січня 2021 р. складає 41588 тис. осіб. Територія України лежить між 44° та 52° північної широти та 22° та 40° східної довготи. Відстань між крайніми північною та південною точками становить 893 км, а між крайніми західною та східною – 1316 км. Україна – унітарна держава, до складу якої входять 27 регіонів: 24 області, 1 автономна республіка (АР Крим) і 2 міста зі спеціальним статусом: Київ і Севастополь.

Територіальні одиниці розрізняються за трьома підставами: 1) за географічними ознаками вони поділяються на регіони (АР Крим, області, райони, міста-регіони Київ і Севастополь) та населені пункти (міста, селища, села); 2) за своїм статусом – на адміністративно-територіальні одиниці (області, райони), самоврядні територіальні одиниці – територіальні громади (міські, селищні, сільські).

Крім того, АР Крим має особливий статус територіальної автономії, а райони в містах характеризуються ознаками як адміністративно-територіальних, так і самоврядних одиниць); 3) за місцем у системі адміністративно-територіального устрою України – на територіальні одиниці первинного рівня (міські, селищні і сільські територіальні громади), середнього рівня (райони) і вищого рівня (Автономна Республіка Крим, області, міста Київ і Севастополь)⁴⁷ (рис. 2.1).

Джерела даних. Для вивчення земного покриття території України на рівні територіальних громад використано продукт земного покриття з роздільною здатністю 10 м, оброблений під керівництвом Європейського космічного агентства ESA WorldCover 2020 із глобальним покриттям.

⁴⁴ Maxwell A. E., Warner T. A., Fang F. Implementation of machine-learning classification in remote sensing: an applied review. *International Journal of Remote Sensing*. 2018. Vol. 39. P. 2784–2817.

⁴⁵ Dynamics of ecosystem services (ESs) in response to land use land cover (LU/LC) changes in the lower Gangetic plain of India / Talukdar S., Singha P., Mahato S., Praveen B., Rahman A. *Ecological Indicators*. 2020. Vol. 112. Article 106121.

⁴⁶ Halder A., Ghosh A., Ghosh S. Supervised and unsupervised landuse map generation from remotely sensed images using ant based systems. *Applied Soft Computing*. 2011. Vol. 11. P. 5770–5781.

⁴⁷ Конституція України : прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 р. / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/~93~254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#n4603>

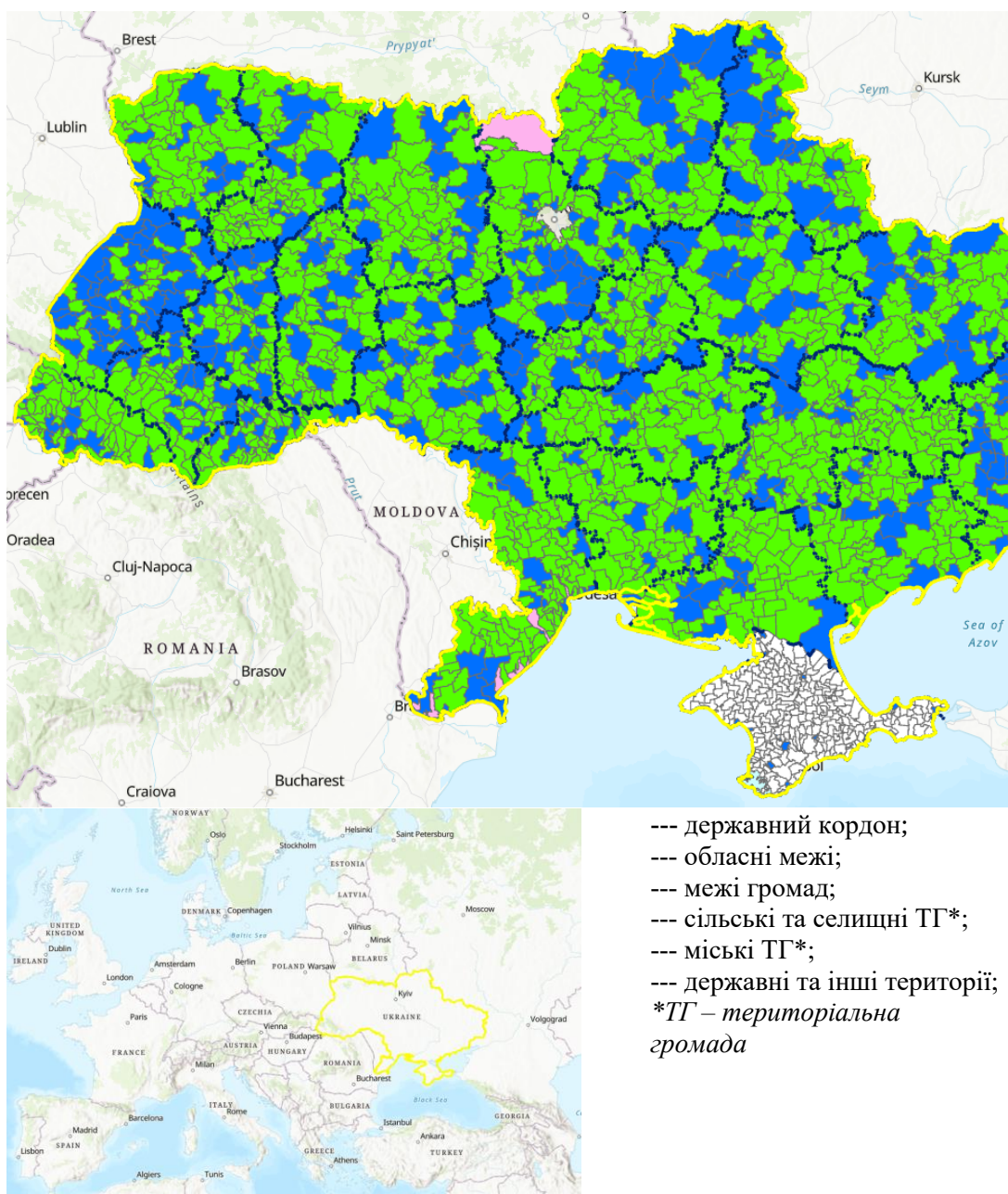
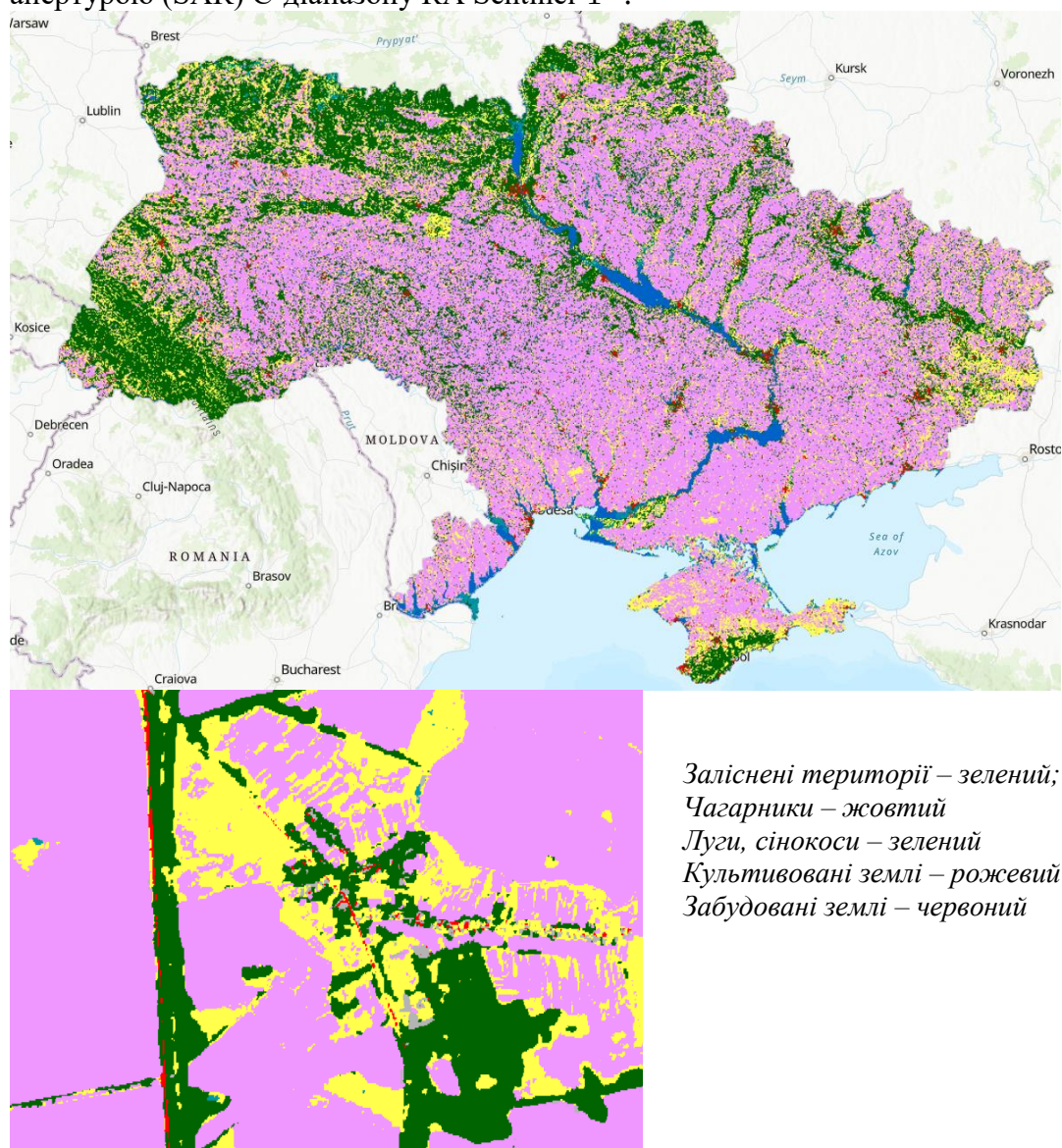


Рис. 2.1. Географічне положення України та її адміністративно-територіальний поділ

В основі методики класифікації були спектральні зображення з космічних апаратів Sentinel-1 та Sentinel-2 (рис. 2.2).

Глобальний продукт ESA WorldCover ґрунтується на досвіді GlobCover і CCI Land Cover від Європейського космічного агентства (Arino et al. 2008; ESA 2017). Алгоритм, який використовується для створення продукту ESA WorldCover, заснований на алгоритмі створення динамічної щорічної карти

мультиспектральних зображень Sentinel-2, так даних радара із синтетичною апертурою (SAR) С-діапазону КА Sentinel-1⁴⁸.



*Заліснені території – зелений;
Чагарники – жовтий
Луги, сінокоси – світлий
Культивовані землі – рожевий
Забудовані землі – червоний*

*село Велика Горбаша, Черняхівська ТГ,
Житомирська область*

Рис. 2.2. Результати класифікації земного покриття Європейського космічного агентства ESA WorldCover 2020

Прототип продукту WorldCover був статистично перевірений за допомогою незалежного набору даних перевірки.

⁴⁸ GlobCover the most detailed portrait of Earth / Arino O., Bicheron P., Achard F. et al. *ESA Bulletin*. 2008. Vol. 136. P. 25–31.

Таблиця 2.1 – Характеристика класів земного покриття за методикою Європейського космічного агентства ESA WorldCover 2020

Код	Назва	Характеристика
10	Лісовкриті території	Цей клас земного покриття включає будь-яку географічну територію, на якій знаходяться заліснені території з покривом не менше 10%. Ділянки, засаджені деревами, такі як захисні лісосмуги, парки та фруктові сади включені до цього класу.
20	Чагарники	Цей клас включає будь-яку географічну територію, де переважають природні чагарники з покривом 10% або більше. Чагарники визначаються як дерев'яні багаторічні рослини з стійкими та здерев'янілими стеблами та без будь-якого визначеного головного стебла заввишки менше 5 м.
30	Луки, сіножаті, пасовища	Цей клас включає будь-яку територію, на якій переважають природні трав'янисті рослини (рослини без стійкого стебла або пагонів над землею і без чіткої твердої структури): (лугові угіддя, прерії, степи, савани, пасовища) з покриттям 10% або більше, незалежно від виду діяльності людини та/або тварин.
40	Культивовані землі	Земельний покрив, вкритий однорічними сільськогоспо-дарськими культурами, який піддавався культивуванню. Теплиці вважаються забудованими.
50	Забудовані землі	Земельний покрив, на якому знаходяться будинки, дороги, залізниці та інші штучні об'єкти. Будинки включають як житлові, так і промислові будівлі. Асфальтовані та бетонні дороги включені до цього класу.
60	Розріджена рослинність	Земельний покрив з відкритим ґрунтом, піском або камінням і ніколи не має більше 10% рослинного покриття протягом будь-якої пори року.
70	Сніг і лід	Цей клас включає будь-яку географічну територію, яка постійно покрита снігом або льодовиками.
80	Постійні водойми	Цей клас включає будь-яку географічну територію, яку більшу частину року охоплюють водні об'єкти: озера, водосховища та річки. Можуть бути як прісні, так і солоні водойми. У деяких випадках вода може замерзати частину року, але не менше 9 місяців за календарний рік.
90	Трав'янисто-болотні угіддя	Земельний покрив, на яких переважає природна трав'яниста рослинність (покриття 10% і більше), яка постійно чи регулярно затоплюється прісною або солоною водою.
95	Мангрові зарості	Таксономічно різноманітні, стійкі до солі деревні та інші види рослин, які процвітають у припливних зонах захищених тропічних берегів, на островах та естуаріях.
100	Мох і лишайник	Земля, вкрита лишайниками та/або мохами. Лишайники – це складні організми, утворені в результаті симбіотичної асоціації грибів і водоростей.

Перевірка відповідала рекомендаціям щодо перевірки CEOS (Комітет із супутників спостереження Землі) (етап 3). Результати перевірки показали, що загальна точність продукту WorldCover становить $74,4 \pm 0,1\%$ на 2020 р. З точки зору типів ґрунтового покриття, деревний покрив і сніг/лід, класи сільськогосподарських угідь, водойми та голої/розрідженої рослинності мали високу точність, тоді як класи чагарників, трав'янистих водно-болотних угідь та мохів/лишайників нанесено на карту з меншою точністю⁴⁹.

Продукти класифікації земного покриття планети – це спостережуваний фізичний покрив Землі, розподілений на класи на основі певного методу. На

⁴⁹ Introduction to the issue on advances in remote sensing image processing / Camps-Valls G., Benediktsson J. A., Bruzzone L., Chanussot J. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*. 2011. Vol. 5. P. 365–369.

сьогодні можна виокремити два основні методи моніторингу стану та динаміки зміни земного покриття: польові обстеження та аналіз дистанційних зображень. Перший метод характеризується високою достовірністю, але потребує великих капіталовкладень для масштабування (покриття територій на регіональному, національному та глобальному рівнях). При цьому другий метод, який ґрунтується на основі обробки інформації ДЗЗ за допомогою наземного, авіаційного або космічного знімання. Метод аналізу ДЗЗ має ряд особливостей: 1) глобальний масштаб; 2) глибокий динамічний ряд спостережень дає можливість відслідковувати зміни в часі (продукти програми Landsat доступні починаючи з 1972 року); 3) дає можливість проводити оперативний моніторинг будь-яких географічних територій; 4) відносно низька якість порівняно з польовими обстеженнями.

В цій роботі використано результати продукту ESA WorldCover для аналізу стану та структури земного покриття України. Результати такого аналізу демонструють високу достовірність співпадіння офіційних даних та отриманих результатів (табл. 2.2). Так, загальна площа країни, отримана в результаті обробки продукту ESA WorldCover, відрізняється на 0,6% від офіційних даних. Аналогічний аналіз, проведений на рівні областей, також демонструє високий рівень співпадіння по всіх областях окрім Миколаївської (-2.4%), Херсонської (-6.3%) та АРК (-5.5%). Такі суттєві відхилення потребують більш глибокого подальшого дослідження.

Аналіз земного покриття України свідчить, що більша половина земель країни (33272 тис га) складають культивовані землі (рис. 2.3), тобто землі, які піддаються ґрунтообробним операціям. В той же час, згідно офіційних даних Державної служби статистики України, площа культивованих угідь становить 27046.2 тис га⁵⁰, тобто різниця складає 23%. Така розбіжність пов'язана, насамперед, із методикою збору інформації від сільськогосподарських підприємств та сільських домогосподарств статистичними органами. Культивовані землі не можна назвати сільськогосподарськими, так як частина сільськогосподарських угідь відноситься до класу луки, сінокоси та сіножаті. 23.3% території України становлять заліснені території.

За статистичними даними цей показник становить 17,7%. Різниця у 6% або 3621 тис. га пояснюється тим, що заліснені території продукту ESA WorldCover включають в себе як ліси, так і ділянки, засаджені деревами, зокрема такі як захисні лісосмуги, парки та фруктові сади, включені до цього класу.

Сільські території – це багатофункціональне соціально-просторове утворення, яке функціонує як синергетична єдність людського, природного та економічного потенціалів з притаманними для них характеристиками: відкритий природний простір переважає над забудовами, традиційний

⁵⁰ Державна служба статистики України : вебсайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

сільський уклад людського життя та первинна переробки ресурсів в товар або послугу задля задоволення власних потреб та розвитку⁵¹.

Таблиця 2.2 – Земний покрив України за результатами обробки продукту ESA WorldCover, тис. га

Адміністративна одиниця	Лісовкриті території	Чагарники	Луки, сіножаті, пасовища	Культитивовані землі	Забудовані землі	Розріджена рослинність	Постійні водойми	Трав'янисто-болотні угіддя	Всього, за ESA WorldCover	Офіційна площа	Відхилення, %
Вінницька	593	0.0	234	1736	25	11	29	11	2640	2651	-0.4
Волинська	840	0.1	438	659	11	13	15	38	2015	2014	0.0
Дніпропетровська	365	0.1	400	2171	60	33	127	34	3191	3191	0.0
Донецька	377	0.0	453	1671	72	29	29	19	2650	2652	-0.1
Житомирська	1338	0.0	560	981	19	33	14	38	2984	2983	0.0
Закарпатська	871	0.2	240	141	15	4	4	1	1276	1278	-0.1
Запорізька	143	0.0	269	2060	41	15	159	32	2718	2718	0.0
Івано-Франківська	747	0.0	271	346	14	7	8	1	1393	1390	0.2
Київська	894	0.0	341	1318	38	31	118	72	2813	2813	0.0
Кіровоградська	282	0.0	194	1874	18	12	65	12	2458	2459	0.0
Луганська	505	0.0	703	1353	36	38	11	22	2669	2668	0.0
Львівська	903	0.0	519	708	27	8	11	6	2182	2183	0.0
Миколаївська	140	0.1	301	1838	37	12	48	26	2402	2460	-2.4
Одеська	290	0.1	441	2236	62	29	169	109	3335	3331	0.1
Полтавська	451	0.0	340	1861	23	16	104	77	2872	2875	-0.1
Рівненська	870	0.2	400	618	16	25	10	66	2005	2005	0.0
Сумська	672	0.0	375	1285	15	10	13	15	2384	2383	0.0
Тернопільська	295	0.0	135	922	14	7	8	3	1383	1382	0.1
Харківська	601	0.0	420	1998	35	23	38	28	3143	3142	0.1
Херсонська	105	0.0	319	1850	34	39	217	100	2666	2846	-6.3
Хмельницька	437	0.0	227	1338	17	10	24	11	2063	2065	-0.1
Черкаська	492	0.0	142	1284	20	12	112	33	2094	2090	0.2
Чернівецька	333	0.0	123	325	12	5	11	1	809	810	0.0
Чернігівська	1034	0.0	545	1487	13	16	23	70	3189	3187	0.1
АРК	300	0.0	777	1201	64	48	39	47	2477	2620	-5.5
Україна	13977	1.1	9194	33272	767	493	1414	872	59991	60355	-0.6

⁵¹Пивовар П. В., Пивовар А. М. Формування визначення поняття “сільські території” як економічної категорії. *Агросвіт*. 2021. № 11. С. 21–33. URL: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.11.21>

Для розділення сільських та міських територій використано класифікацію територіальних громад України на міські, селищні та сільські. При цьому селищні та сільські громади є основою сільських територій, а міські громади відповідно міські території.

В результаті комбінування даних земного покриття ESA WorldCover та полігонів територіальних громад України було структуровано території областей на сільські та міські території (рис. 2.4).

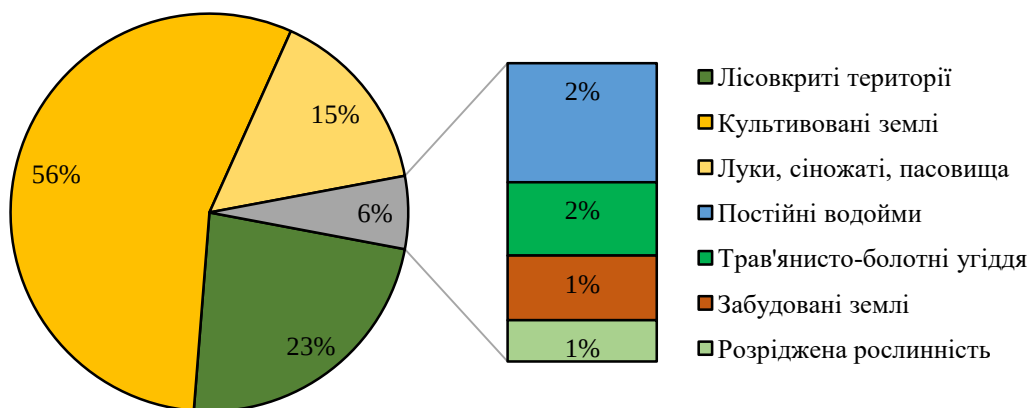


Рис. 2.3. Структура земного покриття України за даними продукту ESA WorldCover, 2020 р.

Відповідно до результатів, представлених на рис. 2.4, 32% територій України можна віднести до міських, відповідно 68% – до сільських. Найбільша частка сільських територій представлена в таких областях як Миколаївська (86%), Дніпропетровська (83%) та Закарпатська (83%). В той же час до областей із найбільшою часткою міських територій відносяться Львівська (65%), Донецька (59%) та Луганська (50%). Географічні особливості та розміщення областей не є факторами, які впливають на структуру та розподіл сільських і міських територій.

Заліснені території – територія земної поверхні, на якій частка покриття деревами становить не менше 10%. До таких територій відносяться ліси, захисні лісосмуги, сільськогосподарські фруктові сади, лісові парки. Ліси на території України сконцентровані переважно на Поліссі та в Українських Карпатах (Рис. 2.5). До найбільш заліснених територій відносяться Закарпатська (68%), Івано-Франківська (54%) та Житомирська (45%), тоді як найменш заліснені Херсонська (4%), Запорізька (5%) та Миколаївська (6%). Загалом 71% заліснених територій припадає на сільські території та відповідно 29% – на міські. Областями, в яких на сільські території припадає найбільша частка заліснених територій, є Закарпатська (86%), Миколаївська

(83%), Кіровоградська область (80%), а найменша – Тернопільська (43%), Луганська (40%), Львівська (39%). 15% території України покриті луками, сіножатями та пасовищами – клас земного покриття, що включає території з рослинним покриттям 10% або більше, незалежно від виду діяльності людини та/або тварин.

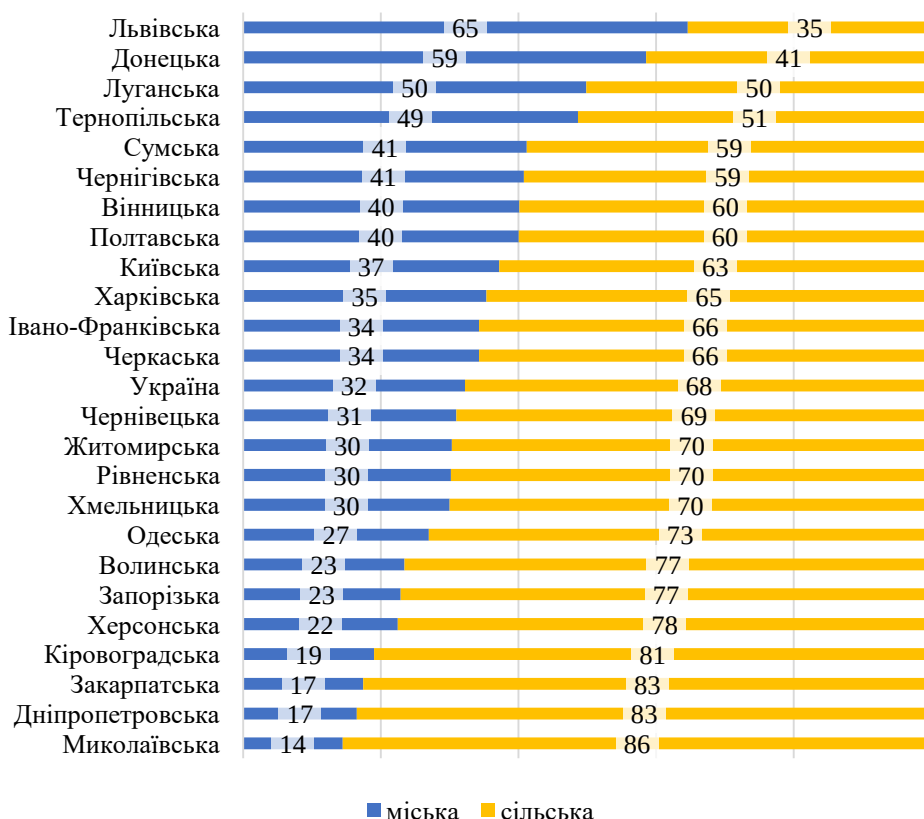


Рис. 2.4. Структура територій України на обласному рівні за даними продукту ESA WorldCover, 2020 р.

Луки, які вкриті переважно багаторічними трав'янистими рослинами, зазвичай використовуються як пасовища для домашньої худоби та як сіножаті. Всі луки характеризуються наявністю травостою та дернини. Сіножатями (сінокосами) називають і сільськогосподарські угіддя, рослинність яких постійно використовують для виробництва сіна. Це один з основних видів кормової бази для свійської худоби в післявегетаційний період та загалом при стійловому утриманні. Пасовища – земельні угіддя, покриті рослинністю, що використовується тваринами (худобою, птицею) як підніжний корм.

66% територій цього класу припадає на сільські території, відповідно на міські – 34%. Цей клас територій є важливим компонентом функціонування та відновлення територіальних екосистем. Найбільше їх зосереджено у Луганській (26%), Львівській (24%) та Волинській (22%) областях, тоді як

Частка:
■ міські території
■ сільські території

Частка заліснених територій, 2020

Регіон	Частка заліснених територій (%)	Міські території (%)	Сільські території (%)
Волинська (42)	42.401 - 55.201	22	78
Рівненська (43)	42.401 - 55.201	32	68
Житомирська (45)	42.401 - 55.201	35	65
Київська (25)	29.6 - 42.401	27	73
Чернігівська (32)	29.6 - 42.401	46	54
Сумська (28)	29.6 - 42.401	48	52
Львівська (41)	29.6 - 42.401	39	61
Тернопільська (21)	29.6 - 42.401	48	52
Хмельницька (21)	29.6 - 42.401	28	72
Вінницька (22)	29.6 - 42.401	41	59
Полтавська (16)	16.8 - 29.6	41	59
Харківська (19)	16.8 - 29.6	40	60
Луганська (19)	16.8 - 29.6	40	60
Дніпропетровська (11)	16.8 - 29.6	29	71
Донецька (14)	16.8 - 29.6	79	21
Херсонська (4)	16.8 - 29.6	46	54
Запорізька (5)	16.8 - 29.6	28	72
Миколаївська (6)	16.8 - 29.6	17	83
Одеська (9)	16.8 - 29.6	34	66
Кіровоградська (11)	16.8 - 29.6	20	80
Черкаська (23)	16.8 - 29.6	35	65
Бердянська (6)	16.8 - 29.6	25	75
Іл. Фран. (54)	16.8 - 29.6	14	86
Чернівецька (41)	29.6 - 42.401	27	73
АР Крим (12)	<16.8	-	-

Культивовані землі – земельні ділянки, які систематично обробляються і використовуються для вирощування сільськогосподарських культур. При цьому відповідно до методики ESA WorldCover землі закритого ґрунту (теплиці, парники та утеплені розсадники) до цієї категорії не відносяться. Враховуючи незначну частку земель закритого ґрунту, частку культивованих земель можна співставити із рівнем розораності.

Важливим компонентом функціонування сільських територій є сільськогосподарське виробництво. Відповідно до ESA WorldCover сільські території на 70% відносяться до культивованих, міські території – на 30%. Лідерами серед областей із найбільшою часткою культивованих угідь є Запорізька (76%), Кіровоградська (76%), Миколаївська (77%). При цьому на сільських територіях вказаних областей частка таких угідь становить 80%, 81% та 87% відповідно (Рис.7). Найнижча частка культивованих угідь була в Рівненській (31%), Івано-Франківській (25%) та в Закарпатській (11%)

73

областях із відповідним рівнем розораності сільських територій 72%, 49% та 70%.

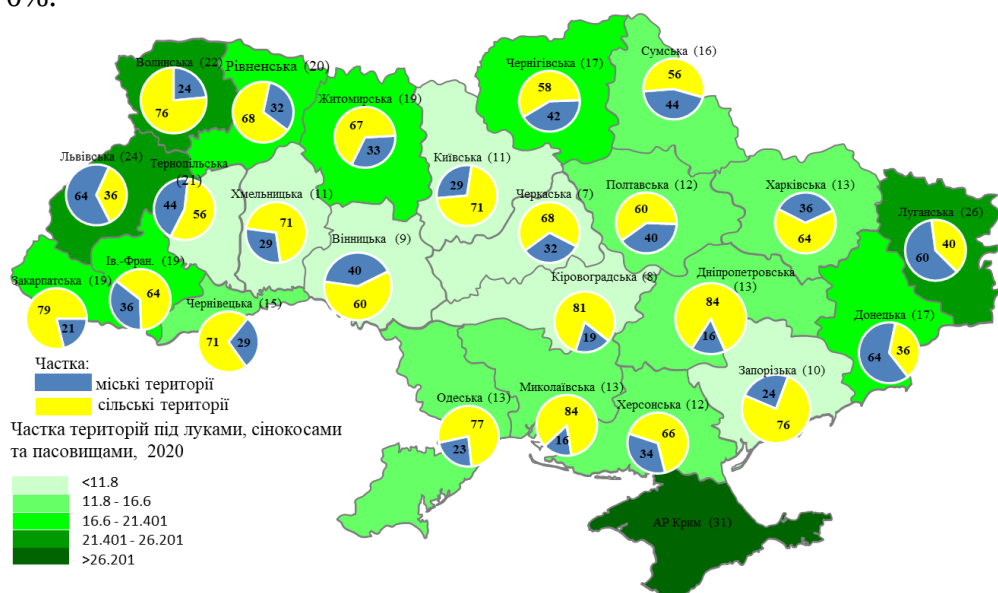


Рис. 2.6. Структура та розподіл територій України під луками, сіножатями та пасовищами на обласному рівні за даними продукту ESA WorldCover, 2020 р.

Постійні водойми – територія поверхні землі, на якій знаходяться води суходолу, що постійно або тимчасово (не менше 9 місяців протягом року) перебувають на земній поверхні у формі різних водних об'єктів у рідкому стані (водотоки, водойми).

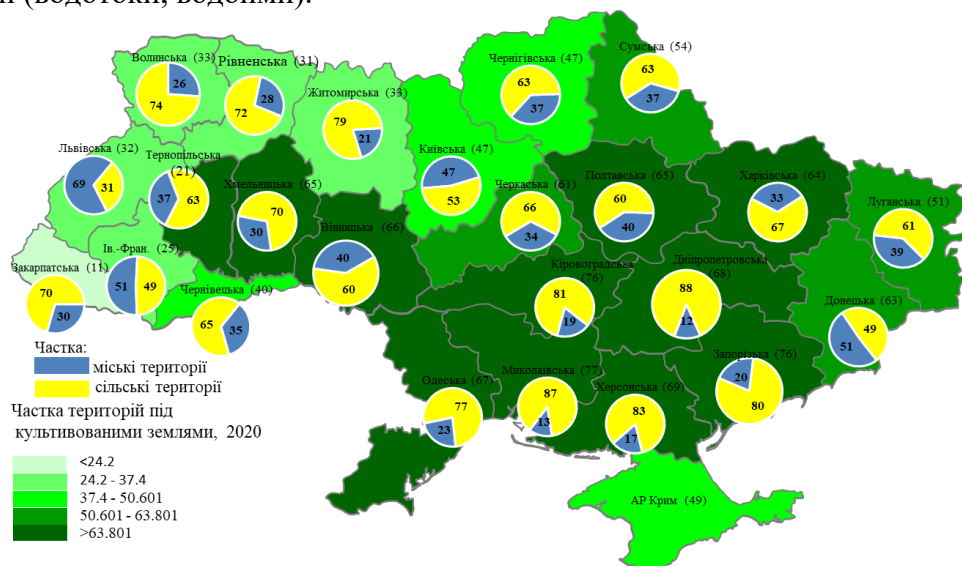


Рис. 2.7. Структура та розподіл територій України під культивованими землями на обласному рівні за даними продукту ESA WorldCover, 2020 р.

Відповідно аналізу даних ESA WorldCover в Україні близько 2.3% територій знаходяться під відкритими водоймами, з яких 71% припадає на сільські території, відповідно 29% – на міські. Областями-лідерами по забезпеченню поверхневими водами були Черкаська (5%), Запорізька (6%) та Херсонська (8%) з відповідними частками, що припадають на сільські території 64%, 63% та 82% (рис. 2.8). В свою чергу до областей із найменшою часткою територій під відкритими водами відносяться Житомирська (0.5%), Луганська (0.4%) та Закарпатська (0.3%) області з відповідними частками, що припадають на сільські території на рівні 77%, 33% та 46%.

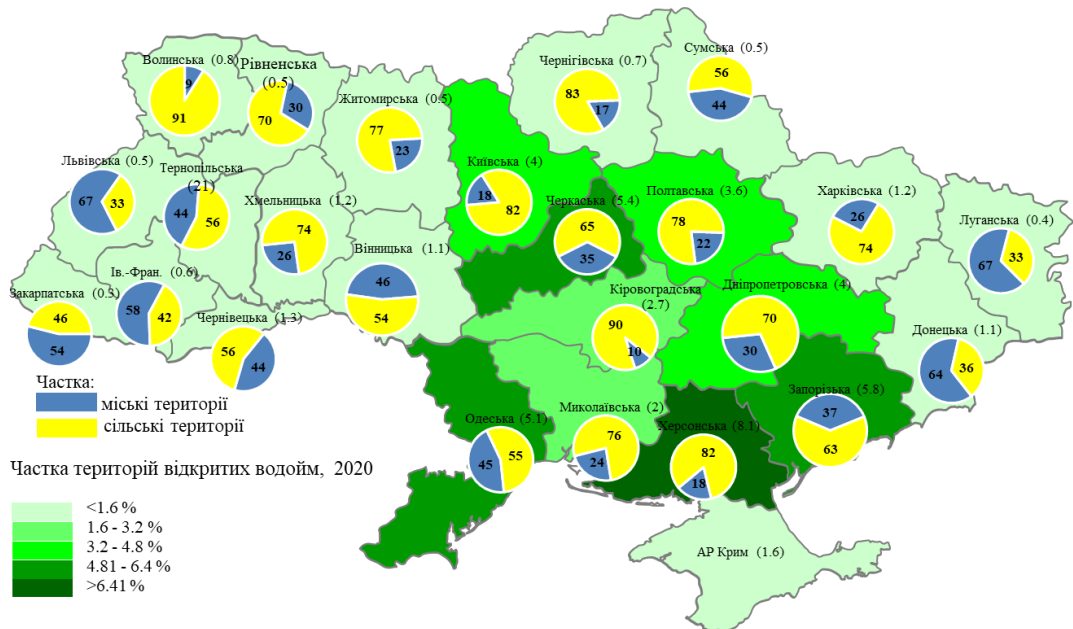


Рис. 2.8. Структура та розподіл територій України під відкритими водами на обласному рівні за даними продукту ESA WorldCover, 2020 р.

Таким чином, класифікація земного покриття на основі супутникового знімання відіграє важливу роль при прийнятті управлінських рішень як у сфері бізнесу, так і у сфері регіонального та національного управління. Бізнес отримує оперативну інформацію про стан природного об'єкта – об'єкта виробництва, тоді як державні та регіональні органи влади можуть використати цю інформацію для стратегічного планування розвитку, розробки програм підтримки тощо.

Загалом проведений аналіз демонструє, що Україна характеризується високим ступенем освоєння земельного фонду. Так, на землі, які піддавались культивуванню, у 2020 р. припадало 55.5 % його площі. Характерною рисою структури земель України є суттєва частка земель (15.3%) під луками, сіножатями та пасовищами, що виконують важливу роль як у процесі відновлення та збереження ґрунтів, так і як важливий елемент функціонування регіональних екосистем.

Заліснені території за своїм призначенням і розташуванням можуть виконувати ряд важливих функцій, серед яких найбільш важливі водоохоронна, захисна, санітарно-гігієнічна, рекреаційна, забезпечення потреб суспільства в деревині та інші.

Рівень залісненості території України становить 23.3%, причому 17.7% територій це ліси, а інші 6% – захисні лісосмуги, фруктові сади та дендропарки. На сільські території припадає 64% заліснених територій. Причому рівень залісненості територій в Україні є одним із найнижчих серед країн ЄС, де середній рівень залісненості становить 38%. Вода є основою життя на планеті Земля, причому у світовому використанні прісної води частка поверхневих вод складає 80%. В Україні частка поверхневих вод, що покривають географічну територію, становить 2.4% і розподілені вони між областями нерівномірно. Так, областями-лідерами по забезпеченню поверхневими водами у 2020 р. були Черкаська (5%), Запорізька (6%) та Херсонська (8%), а з із найменшою Житомирська (0.5%), Луганська (0.4%) та Закарпатська (0.3%). На сільські території припадає 71% всіх поверхневих водних ресурсів України [53].

2.2. Оцінка рівня продовольчої безпеки країни на базі програмного середовища ArcGIS: кейс Житомирської області

Сучасні глобальні виклики останніх десятиліть спричинили значний вплив на усі сфери економіки та суспільного життя. Наразі ключовим викликом для України стала війна, яку розпочала Росія. Події 2022 року засвідчили, що військова агресія здійснюється на багатьох фронтах, у тому числі і на продовольчому. Наразі продовольчий фронт стає дуже актуальним та набуває глобального масштабу. З метою економічного зміцнення держави необхідним є розробка стратегії продовольчої безпеки України в умовах сучасних глобальних викликів, головним з яких є військова агресія Росії.

На виконання Указу Президента України № 392/2020 від 14 вересня 2020 року «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 14 вересня 2020 року «Про Стратегію національної безпеки України» та Указу Президента України №722/2019 від 30.09.2019 р. «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» Поліським національним університетом розроблено проєкт Стратегії продовольчої безпеки України⁵⁴. В документі комплексно відображено сутність та ключові складові проблеми продовольчої безпеки у її сучасному трактуванні, зокрема питання фізичної та економічної доступності продовольства для всіх категорій населення,

⁵³ Analysis of rural areas of Ukraine on the basis of ESA WorldCover 2020 / Skydan O., Pyvovar P., Topolnytskyi P., Prysiazna T. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25, № 5. P. 74–85.

⁵⁴ Стратегія продовольчої безпеки України. Візія Поліського національного університету. Поліський університет, 2020. 51 с.

продовольчого суверенітету держави, динамічного розвитку усіх галузей аграрного сектора економіки держави, підтримання стабільності вітчизняного продовольчого ринку, питання якості і безпечності харчових продуктів, здорового харчування.

Під час розробки проєкту бралися до уваги основні міжнародні стандарти та нормативні документи розвинених країн та їх об'єднань у сфері продовольчої безпеки, такі як: The European Food Safety Authority (EFSA); The International Food Standard (IFS), EU; The Food Safety Modernization Act (FSMA), USA; Food Safety and Inspection Service Administrative Provisions, USA; Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) Systems, USA; Food for Human Consumption, USA; The Safe Food for Canadians Act (SFCA); The China Food and Drug Administration (CFDA); FAO/WHO Codex Alimentarius та ін. Основою ефективного функціонування національного механізму формування продовольчої безпеки є забезпечення узгодженої роботи п'яти взаємопов'язаних кластерів, які відповідають за організаційну, технічну, нормативну, фінансову, кадрову, інформаційну, комунікаційну, освітню, аналітичну та інші види підтримки механізму, що відповідає порядку денному глобального розвитку:

- кластер (а) – інституційні питання та повноваження;
- кластер (б) – нормотворчість та регуляторна політика;
- кластер (в) – організаційно-технічна допомога і нарощування потенціалу;
- кластер (г) – оцінка, вивчення впливу та стратегічне планування;
- кластер (д) – інформаційно-комунікаційна підтримка.

Кластеру інформаційно-комунікативної підтримки відводиться роль забезпечення доступу стейкхолдерів до глобальних баз даних та науково-технічної інформації у сфері продовольства, сільського господарства, охорони здоров'я, захисту навколишнього середовища, а також екстерналізації бізнес-інформації, що генерується у продовольчих ланцюгах. Інструментами даного кластеру виступають:

- 1) розвиток інформаційної інфраструктури ринків продовольства;
- 2) створення інтегрованої міжвідомчої системи інформаційних технологій якості та безпечності харчових продуктів;
- 3) створення комунікаційних платформ, форумів для діалогу із залученням зацікавлених сторін, таких як виробники сільськогосподарської сировини, харчових продуктів, оптові та роздрібні торговці, споживачі;
- 4) розвиток практик відстеження актуальної інформації, релевантної до питань контролю продовольчої безпеки, за допомогою соціальних медіа, Інтернет-публікацій тощо;
- 5) перехід до системи сканованих етикеток та пов'язаних з ними додатків для надання інформації про продукцію та ланцюги постачання продовольства;
- 6) створення спеціальних мобільних додатків для оповіщення виробників та споживачів про загрози продовольчій безпеці;

7) розробка вітчизняного агрегатора онлайн-пошукових сервісів у сфері продовольства та охорони здоров'я;

8) забезпечення доступу та повноти інформації щодо порушень продовольчої безпеки, а також цивільних, адміністративних і/або кримінальних процедур, пов'язаних з ними;

9) досягнення інтероперабельності систем відстеження інформації, сприяння заохоченню бізнесу до добровільного використання технологій відстеження (дистанційне зондування Землі, ГІС-технології, телеметрія, мобільні додатки, технологія «блокчейн»);

10) сприяння інтенсифікації використання цифрових, «зелених», кліматично оптимізованих та інших сучасних технологій, а також технологій, заснованих на використанні штучного інтелекту;

11) розвиток національних систем попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з безпекою харчових продуктів та системи інформації і раннього оповіщення з проблем продовольства і сільського господарства;

12) створення цифрових освітніх сервісів та ноонсорсингових онлайн платформ досліджень і дорадництва з питань продовольчої безпеки;

13) розробка та проведення інформаційних кампаній з метою формування культури безпечності харчових продуктів.

Моніторинг продовольчої безпеки. Залежно від мети та ступеня охоплення територій проводиться моніторинг продовольчої безпеки: національний – на всій території України; регіональний – на території окремих регіонів; локальний – на рівні окремих громад. Проведення моніторингу здійснюється у такому порядку: спостереження, збір, обробка, систематизація та аналіз індикаторів продовольчої безпеки; виявлення і оцінка змін, вплив яких потребує здійснення контролю; запобігання та ліквідація наслідків негативних процесів і загроз продовольчої безпеки.

Положення пропонованого проєкту Стратегії ув'язують в єдиний механізм розрізнені до цього часу складові процесу формування продовольчої безпеки, а саме політику держави у сфері розвитку сільського господарства, харчової промисловості, зовнішньої торгівлі продовольством, внутрішнього продовольчого ринку, забезпечення якості і безпечності продовольства, раціонального харчування населення та ін. У документі, зокрема, визначені національні інтереси України у сфері продовольчої безпеки; основні загрози продовольчій безпеці; принципи, напрями, інструменти та механізми державної політики продовольчої безпеки, базові засади моніторингу продовольчої безпеки тощо.

Реалізація положень Стратегії у пропонованій редакції сприятиме усуненню основного існуючого недоліку реального процесу регулювання продовольчої безпеки держави, яким є ігнорування принципу системності та зосередження тільки на окремих аспектах цієї комплексної соціально-економічної проблеми. Зокрема, чинні в Україні нормативно-правові акти у сфері продовольчої безпеки наразі повною мірою не відповідають поставленим завданням та викликам сталого розвитку, є рамковими, містять

декларативні положення, не позбавлені юридичних колізій, не мають конкретних механізмів реалізації, а тому не вирішують безпосередньо питання забезпечення продовольчої безпеки держави, встановлюючи лише певні програмні напрями та орієнтири.

Пропонований варіант Стратегії уможлиблює забезпечення управління продовольчою безпекою з економічної, екологічної, організаційної, нормативної та соціальної позицій, оскільки системно закладає ряд регуляторних механізмів впливу на процес формування продовольчої безпеки та передбачає створення новаторської системи організованого моніторингу за відповідним процесом із застосуванням сучасних геоінформаційних та інших технологій з метою підготовки актуальних рекомендацій та прийняття управлінських рішень.

В рамках відпрацювання інструментарію для вивчення проблематики продовольчої безпеки держави на базі програмного середовища ArcGIS проведено соціологічне дослідження⁵⁵. Під час дослідження опитано 1381 респондент, в тому числі 1325 респондентів з Житомирської області, 1171 з яких є землевласниками. Досліджена вибіркова сукупність опитаних жителів Житомирщини є репрезентативною за двома ознаками. По-перше, враховуючи чисельність населення регіону (1217936 осіб) довірча ймовірність дослідження становить 97% з довірчим інтервалом ± 3 %. По-друге, загальна кількість землевласників в Житомирській області складає 1023000 осіб і при опитуванні 1171 землевласників довірча ймовірність рівна 95% з довірчим інтервалом ± 3 %. Крім того, під час опитування дотримано структуру розподілу респондентів у межах районів і враховано гендерний розподіл населення (46% чоловіків та 54% жінок). 89% респондентів проживають в сільських населених пунктах, 11% – в містах; 88% опитаних мають у власності одну та більше земельних ділянок (рис. 2.9).

Проведене дослідження охоплює чотири тематичні блоки питань: 1) Продовольче забезпечення. 2) Наявність та використання земель. 3) Ринок землі. 4) Майбутнє сільських територій.

Перший блок аналітичного дослідження «Продовольче забезпечення». Отримані результати свідчать про те, що 24% опитаних з власних земельних ділянок отримують понад 60% харчових продуктів, які вони споживають. Ще 24% респондентів отримують зі своїх ділянок 30-60% таких продуктів, а 19% землевласників самостійно забезпечують себе продовольством на 10-30% (рис. 2.10).

Виявлено низку регіональних особливостей використання сільськогосподарських земель та продовольчого забезпечення населення:

1. Житомирська область розташована у двох природно-кліматичних зонах, її північна частина (80%) – у зоні Полісся, південна (20%) – у межах Лісостепу.

⁵⁵ Оцінка рівня продовольчої безпеки країни в умовах запровадження ринку землі : соціологічне дослідження / Пивовар П. В., Данкевич В. Є., Скидан О.В., Топольницький П. П. URL: <https://drive.google.com/file/d/11TGMONBABpaUc6eOjqWSa0dWU10Gr>

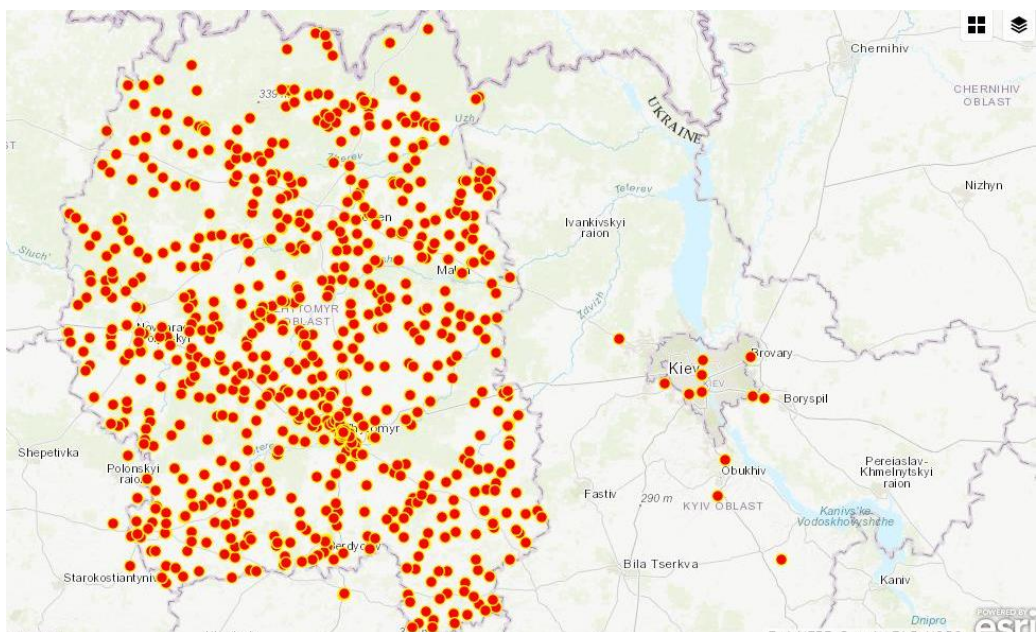


Рис. 2.9. Дослідження проблематики продовольчої безпеки держави, проведене на базі програмного середовища ArcGIS

Лісостепова зона (Андрушівський, Бердичівський, Любарський, Попільнянський, Ружинський та Чуднівський райони) характеризується кращими земельними ресурсами та сприятливішими умовами для аграрного виробництва. В цих районах більша частка населення отримує харчові продукти для власного споживання з власних земельних ділянок.

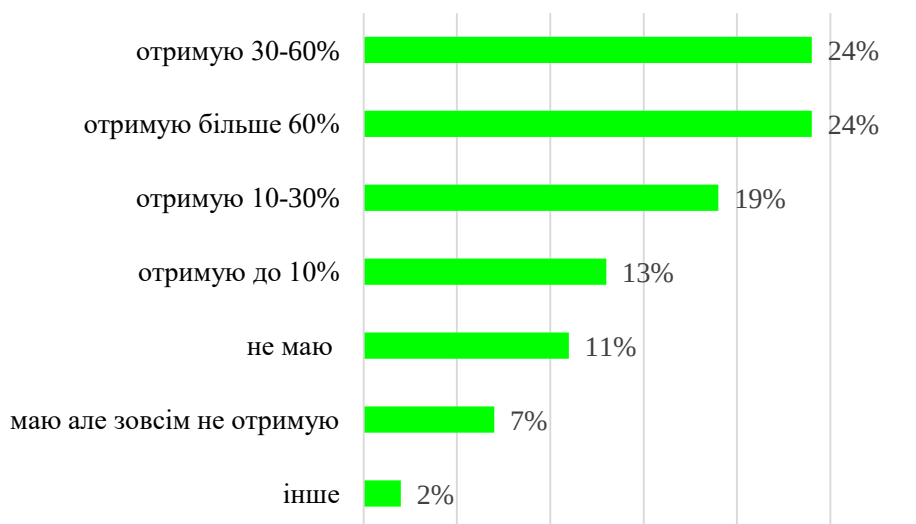


Рис. 2.10. Результати відповідей на запитання: «Яку кількість продукції для споживання Ви отримуєте, обробляючи власну земельну ділянку?»

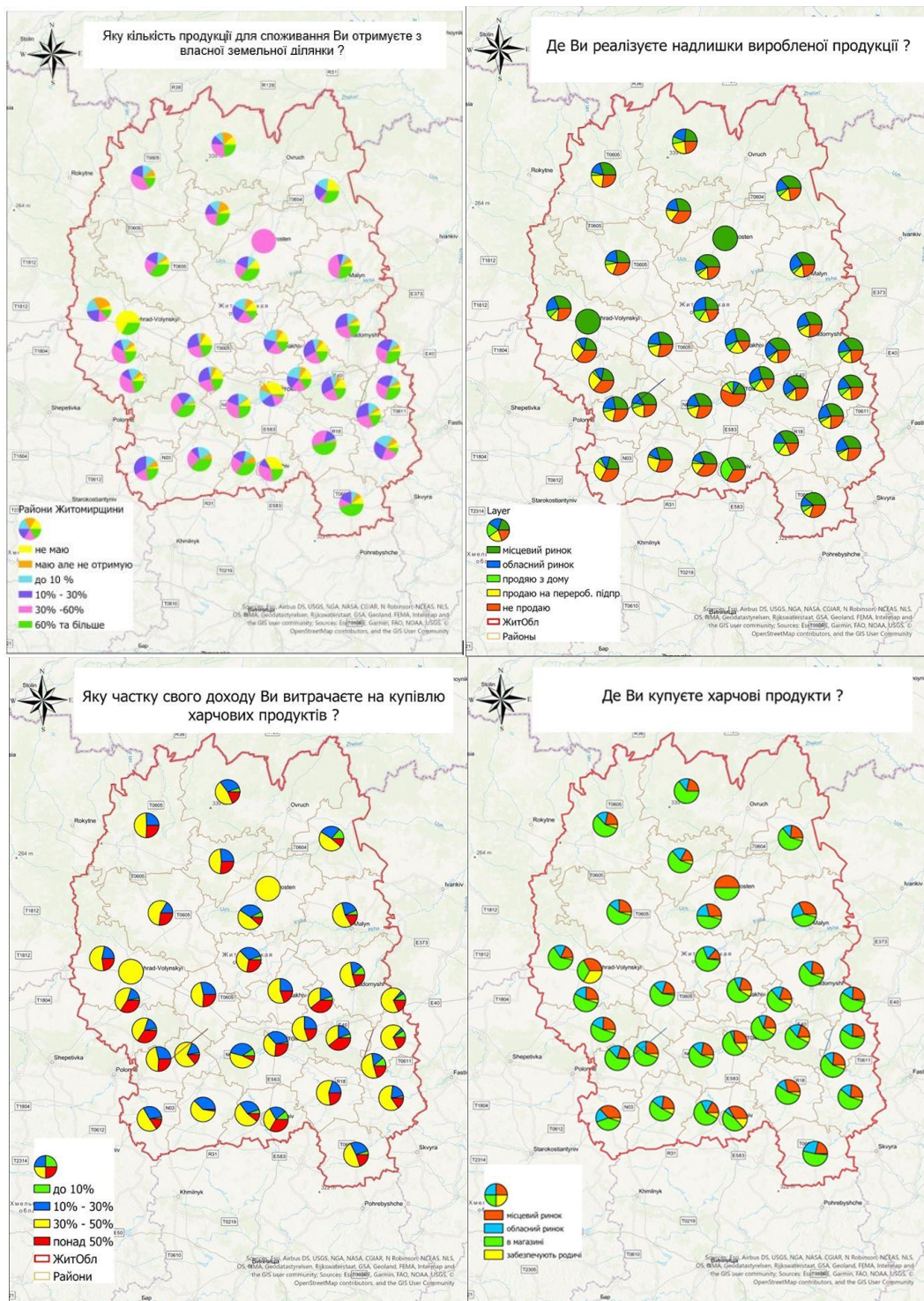


Рис. 2.11. Територіальний та структурний розподіл відповідей на запитання щодо споживання харчових продуктів

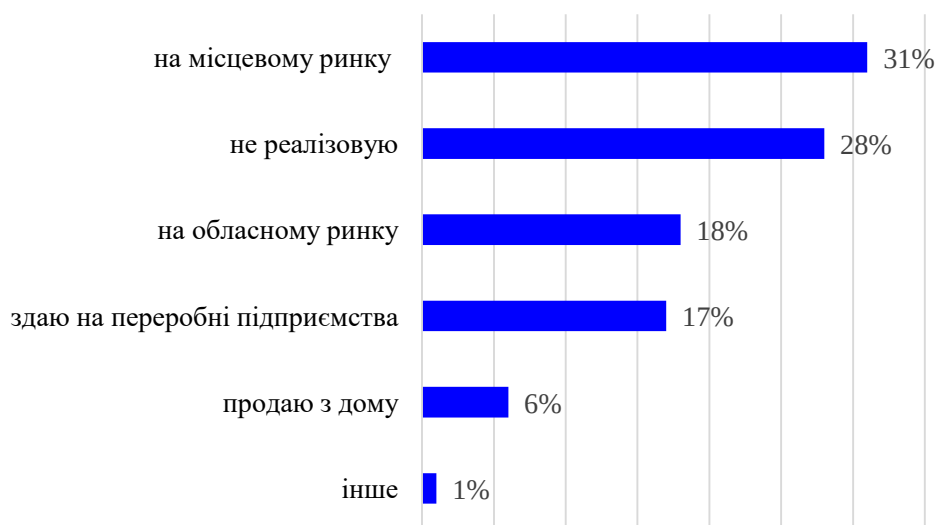
2. Свою специфіку мають і райони, райцентри яких є містами (Житомирський, Коростенський, Малинський, Бердичівський, Новоград-Волинський). Населення цих районів значно менше задіяне в аграрній сфері, працює у містах та переважно купує харчові продукти.

3. Особливостями Олевського та частини Овруцького районів є висока залісненість, бідні землі та активний видобуток корисних копалин. Відповідно, для виробництва сільськогосподарської продукції для власних потреб умови у цих районах недостатньо сприятливі. Це зумовлює низьку частку спожитої продукції, яку власники землі отримують зі своїх земельних наділів.

4. Значні площі сільськогосподарських земель Житомирської області низькородючі та забруднені радіонуклідами. Насамперед, це Народицький, Коростенський, Лугинський, частина Овруцького та Малинського районів, де значні масиви сільськогосподарських земель не використовуються або використовуються частково.

5. Характерною особливістю Поліської зони є стрімке зменшення поголів'я великої рогатої худоби. З кожним роком в господарствах населення зменшується чисельність корів. Відповідно люди змушені купувати молочні та м'ясні продукти.

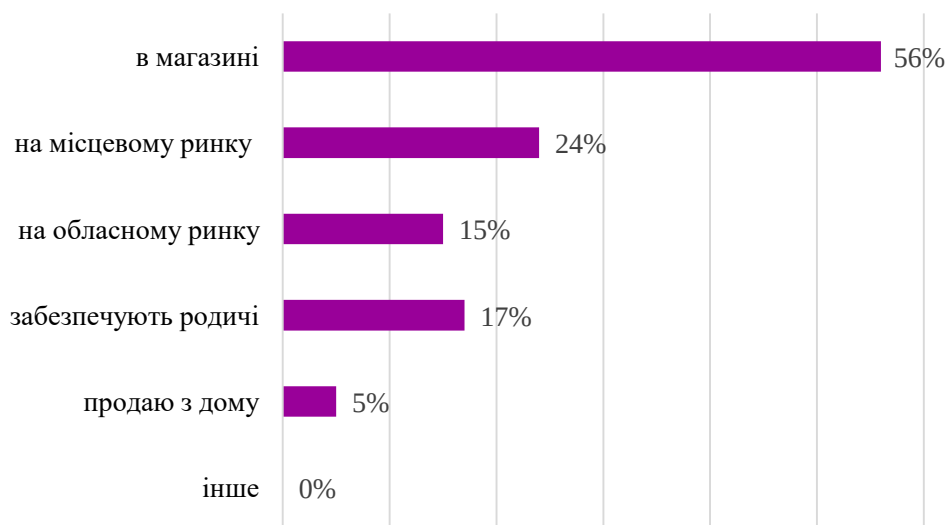
У процесі дослідження виявлено, що значна кількість респондентів мають проблеми зі збутом вирощеної продукції, певна частка якої за відсутності можливості реалізувати та при неналежних умовах зберігання псується. Зокрема, 28% респондентів не реалізують надлишки виробленої продукції, 31% опитаних здають надлишки продукції на місцеві ринки, 18% – на обласні ринки, а 17% здають переробним підприємствам (рис. 2.12).



**Рис. 2.12. Результати відповідей на запитання:
«Де Ви реалізуєте надлишки виробленої продукції?»**

Встановлено, що мешканці найближчих до м. Житомир районів (Романівський, Черняхівський, Коростишівський, Андрушівський, Бердичівський, Чуднівський, Житомирський) значну частину надлишків вирощеної продукції реалізують в обласному центрі. Це пов'язано з розвинутою логістикою та ціною на продукцію. У Попільнянському та Ружинському районах є залізничне сполучення, що дає можливість реалізувати продукцію у Києві. Аналогічна ситуація у Брусилові, який розташований неподалік Києва. Значна кількість населення сільської місцевості частину вирощеної продукції віддає дітям, що живуть у місті. Водночас, віддалені від обласного центру райони мають гіршу інфраструктуру і рідко співпрацюють з переробними підприємствами.

Що стосується купівлі харчових продуктів, то більшість респондентів (незалежно від розташування) купують їх у місцевих магазинах. Вони не мають інших альтернатив, враховуючи логістичне сполучення між селами та райцентрами. Характерним є виїзд у райцентр раз на тиждень та закупівля продуктів (рис. 2.13). У районах з більш розвинутою інфраструктурою (Романівський, Черняхівський, Коростишівський, Андрушівський, Бердичівський, Чуднівський, Житомирський, Брусилівський) населення має змогу частіше виїжджати у райцентри чи міста та купувати харчові продукти. Відповідно, мешканці таких районів мають ширший вибір продуктів за вигіднішими цінами.

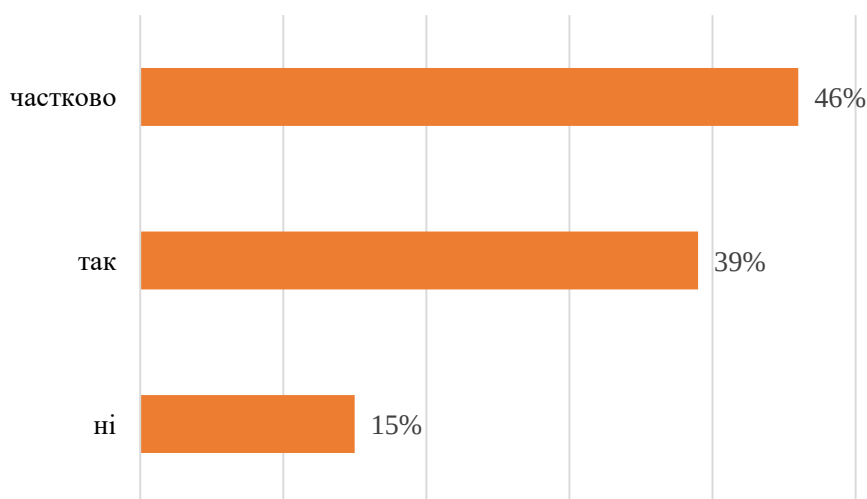


**Рис. 2.13. Результати відповідей на запитання:
«Де Ви купуєте харчові продукти?»**

Щодо якості та безпечності харчових продуктів встановлено, що 46% опитаних частково задоволені якістю харчових продуктів, 39% задоволені повною мірою та 15% – не задоволені (рис. 2.14). Результати опитування засвідчили, що у районах з більш розвинутою інфраструктурою,

розташованих ближче до міст, у населення є змога купувати харчові продукти у ширшому асортименті і кращої якості. У віддалених та малозаселених районах існують проблеми з доступом до якісних харчових продуктів (Олевський, Овруцький, Народицький райони).

Проведене дослідження показало, що лише 24% населення Житомирської області повною мірою забезпечують власні потреби у харчових продуктах та не економлять кошти на продовольстві. 48% респондентів деякі харчові продукти змушені замінювати на дешевші. У менш економічно розвинутих районах (Олевський, Андрушівський, Баранівський, Овруцький, Народицький, Ємільчинський, Чуднівський, Романівський, Черняхівський, Ружинський, Лугинський) виявлено проблеми із забезпечення населення продовольством.



**Рис. 2.14. Результати відповідей на запитання:
«Чи задовольняє Вас якість харчових продуктів,
які Ви купуєте?»**

У багатьох людей немає постійної високооплачуваної роботи, у районах працює невелика кількість підприємств, характерним є запровадження вахтового методу господарювання у сільському господарстві (рис. 2.15).

Все це відображається на купівельній спроможності населення. Найбільш купівельно спроможним є мешканці Житомирського, Малинського, Любарського, Попільнянського та Коростенського районів. Саме там найбільша частка населення, якому повністю вистачає коштів для купівлі харчових продуктів.

Результати дослідження свідчать, що в структурі витрат населення питома вага витрат на харчові продукти є досить вагомою. Зокрема, 19 % респондентів витрачають на харчові продукти понад 50% доходу; 50% – витрачають на харчування 30-50% власного доходу. І лише 26% опитаних витрачають на харчування 10-30% доходу (рис. 2.16).

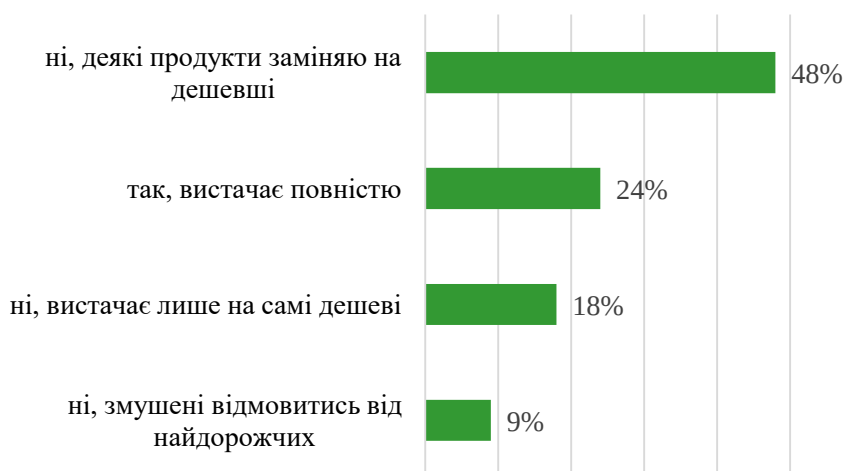


Рис. 2.15. Результати відповідей на запитання: «Чи повною мірою Ви забезпечуєте власні потреби у харчових продуктах?»

Другий блок аналітичного дослідження «Наявність та використання земель». Середній розмір земельних паїв в Житомирській області становить 2,76 га. Їх площа варіюється залежно від районів, що зумовлено декількома чинниками, а саме: площею сільськогосподарських угідь, яка підпадає під паювання; чисельністю осіб, які набули право на земельну частку (пай); якістю ґрунтового покриття; іншими регіональними особливостями.

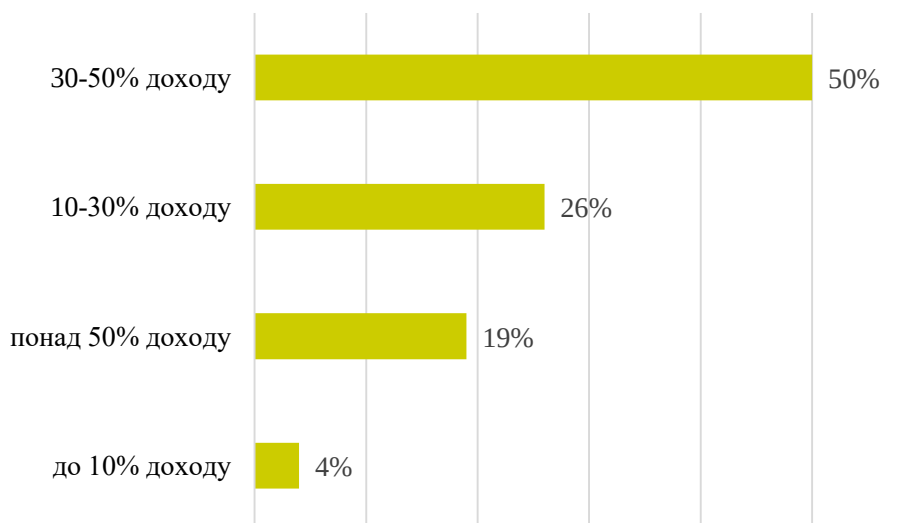
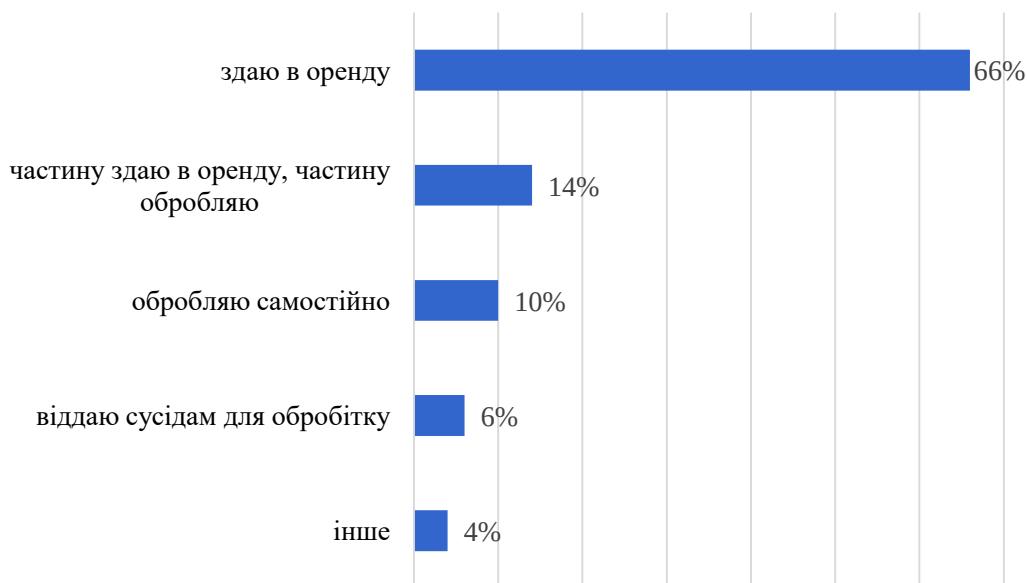


Рис. 2.16. Результати відповідей на запитання: «Яку частку свого доходу Ви витрачаєте на купівлю харчових продуктів?»

Суттєві відмінності у середній площі паю, що припадає на одного землевласника, обумовлені також розміром колишніх колективних

господарств. Райони з найбільшою площею паю у розрахунку на одного землевласника – Народицький (10,6 га), Овруцький (5,2 га), Олевський (5,2 га), а райони з найменшими площами земельних паїв – Черняхівський (2,3 га), Бердичівський (2,2 га), Житомирський (1,7 га) (рис. 2.17).

У результаті проведеного соціологічного дослідження встановлено, що більшість родин Житомирської області власні земельні паї здають в оренду (66 %). Частина землі використовується самостійно власниками (10 %), а 14 % респондентів частину землі використовують самостійно, частину здають в оренду. У зоні Лісостепу кращі землі, тому вони користуються найбільшим попитом в орендаторів.

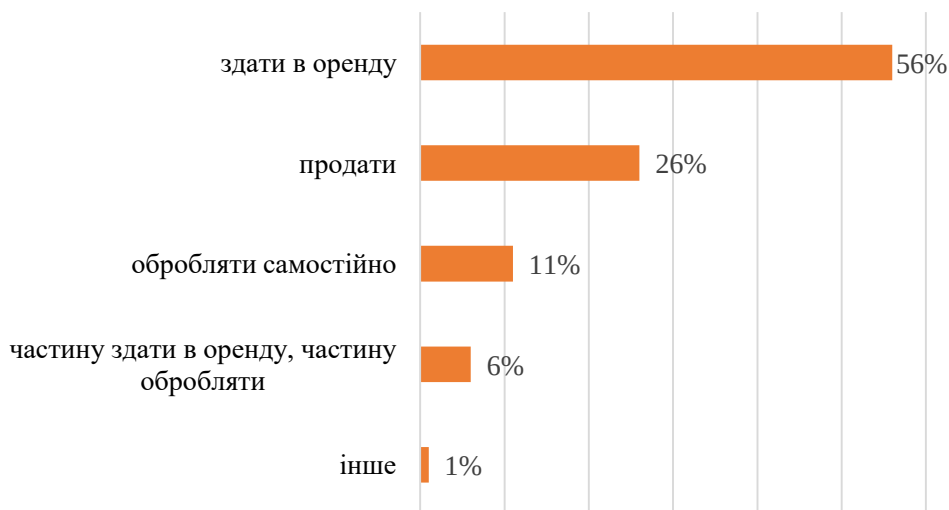


**Рис. 2.17. Результати відповідей на запитання:
«Як Ви використовуєте власну земельну ділянку (пай)?»**

Більшість орних земель у зоні Полісся мають низьку природну родючість ґрунтів, що стримує орендарів залучати їх у обробіток (Олевський, Лугинський райони). Як наслідок, в окремих районах Житомирської області виявлено земельні паї, які залишаються поза обробітком, що також зумовлено радіаційним забрудненням сільськогосподарських земель (Народицький, Коростеньський, Лугинський та частина Овруцького районів).

Аналізуючи відповіді землевласників щодо планів відносно подальшого використання землі встановлено, що у районах з нижчим рівнем соціально-економічного розвитку та, відповідно, низьким станом матеріального забезпечення населення (Романівський, Черняхівський, Ружинський, Пулинський, та Лугинський райони) значна частка власників земельних паїв мають намір їх продати (26 %) (рис. 2.18). Аналогічна ситуація спостерігається поблизу міст (Житомира, Коростеня), де люди не вбачають перспективи у власній сільськогосподарській діяльності.

Рис. 2.18. Результати відповідей на запитання: «Як Ви плануєте у



майбутньому використовувати власну земельну ділянку (пай)?»

Досить малою є частка бажаючих розпочати власний аграрний бізнес із використанням земельних паїв, що пов'язано із відсутністю стартового капіталу та незадовільним станом інфраструктури. Ті, хто хочуть розпочати власний бізнес, здебільшого сконцентровані у зоні Лісостепу Житомирщини.

За результатами соціологічного дослідження встановлено, що 86 % респондентів обробляють городи самостійно; 6 % частину обробляють самостійно, а частину здають в оренду; 2-3 % віддали городи сусідам або здали в оренду (рис. 2.19).

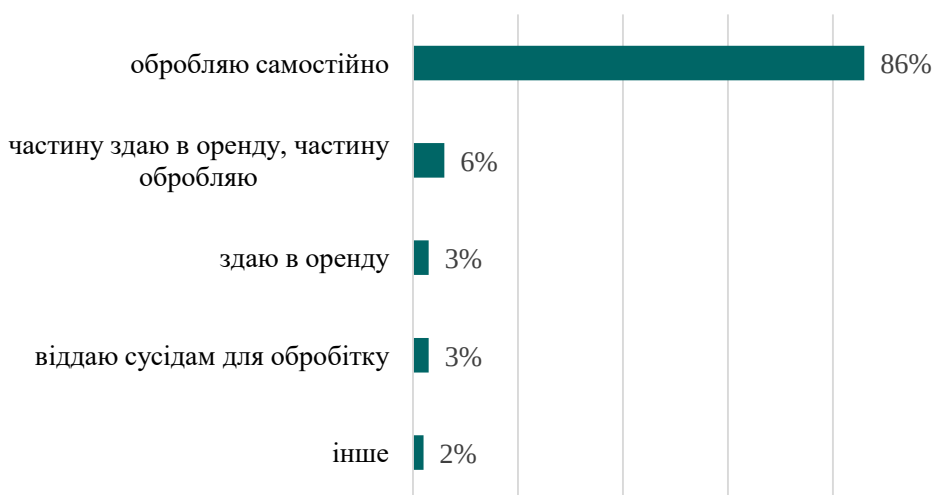


Рис. 2.19. Результати відповідей на запитання: «Як Ви використовуєте власну земельну ділянку (город)?»

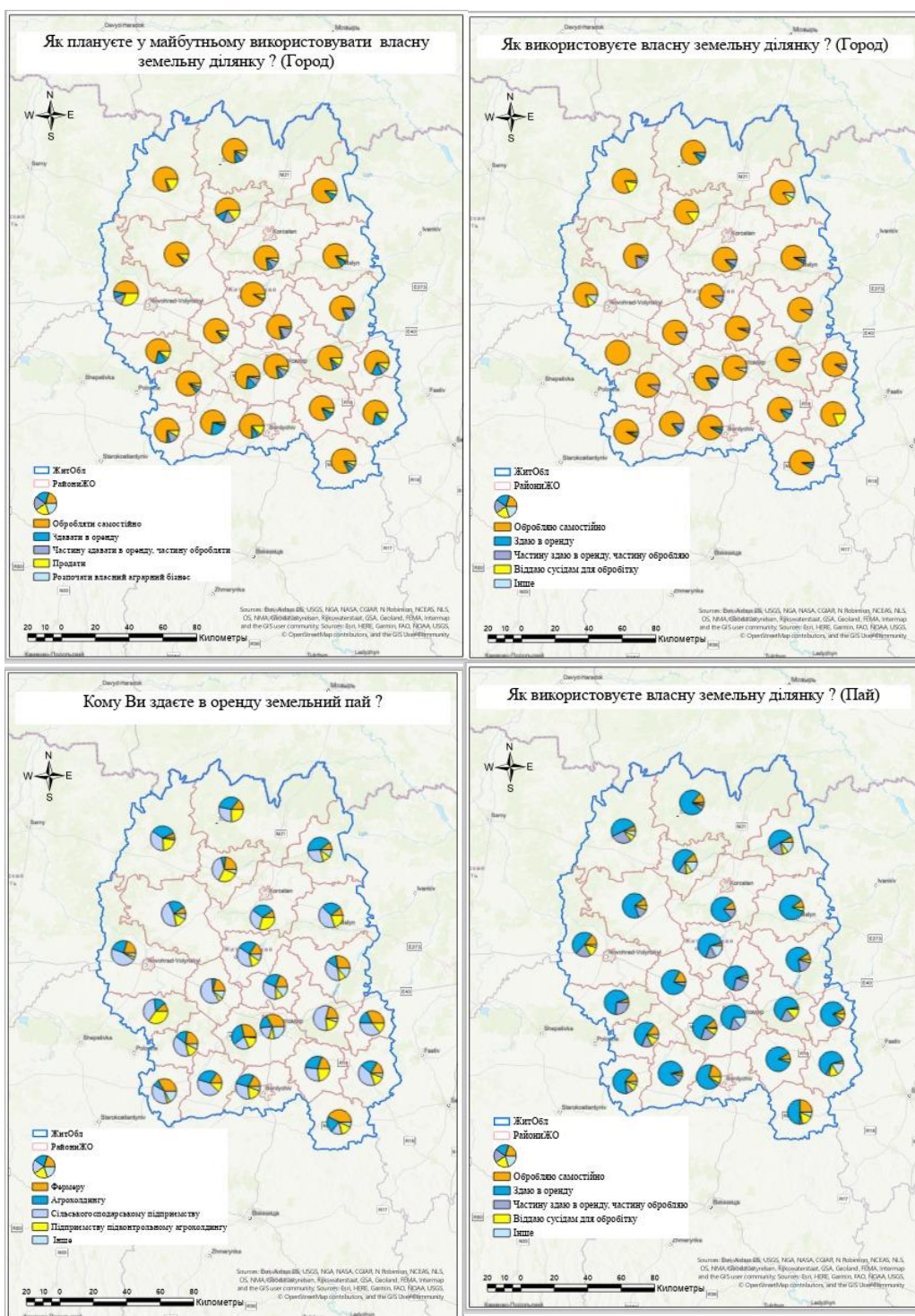


Рис. 2.20. Територіальний та структурний розподіл відповідей на запитання щодо використання земельних ділянок

Слід відмітити, що подібні дослідження, а саме дослідження з оцінки стану та специфіки використання городів практично відсутні. Водночас, проведений аналіз дозволяє виявити сучасний стан розвитку сільських територій, окреслити основні наміри селян та оцінити наявний земельний ресурс (рис. 2.21).

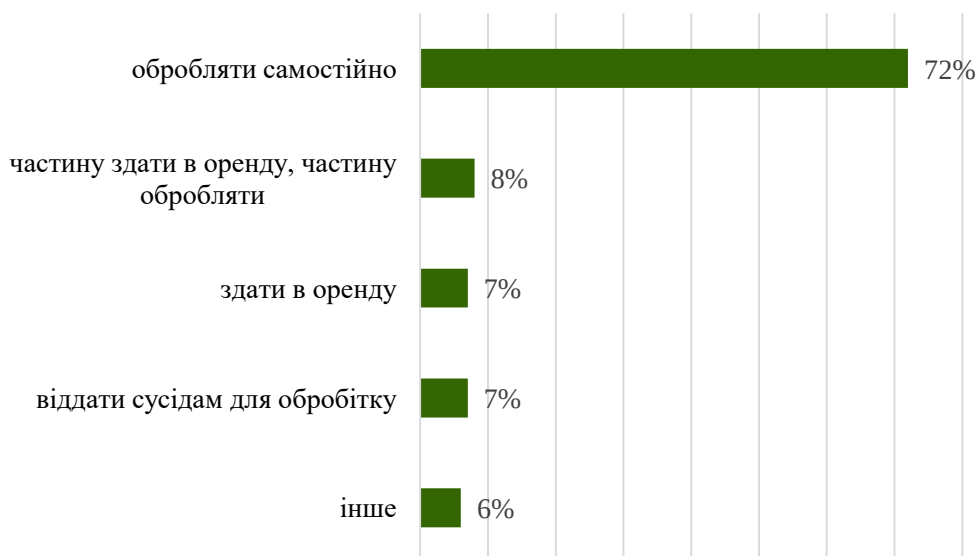


Рис. 2.21. Результати відповідей на запитання: «Як Ви плануєте у майбутньому використовувати власну земельну ділянку (город)?»

Аналіз відповідей на питання “Як Ви плануєте у майбутньому використовувати город?” дозволяє зробити висновки про ймовірне зменшення кількості землевласників, які планують самостійно обробляти земельні ділянки. Частина респондентів мають наміри продати (8 %) або здати городи в оренду (7 %). Наразі відбувається скуповування городів зі старими будівлями для певних видів бізнесу, наприклад, вирощування ліщини, започаткування тепличного бізнесу, вирощування декоративних рослин. Це відбувається поблизу міст та у лісостеповій зоні Житомирщини, де кращі землі та розвинена логістика.

Суттєвий вплив на специфіку використання земельних паїв та городів має вік їх власників. Аналіз вікової структури власників земельних паїв Житомирської області дозволяє стверджувати, що 48 % з них є вторинними власниками земельних паїв, які їх отримали як спадщину. Первинних власників земельних ділянок залишилося лише 52 %. Загалом з 1991 р. у Житомирській області померло понад 63 тис. первинних власників земельних паїв.

Цікавими є відповіді респондентів на питання “Кому Ви здасте в оренду земельний пай?” Так, 35 % опитаних здають паї в оренду сільськогосподарським підприємствам, 26% – аграрним холдингам, 17% –

підприємствам, підконтрольним агрохолдингам. Холдинги орендують землю, в основному, у зоні Лісостепу, тобто там, де кращі землі. Малою є частка тих, хто здає в оренду землю фермерським господарствам (17 %) (рис. 2.22).



Рис. 2.22. Результати відповідей на запитання: «Кому Ви здаєте в оренду земельний пай?»

Третій блок аналітичного дослідження «Ринок землі». За результатами опитування 51 % респондентів вважають, що запровадження ринку землі спричинить зростання вартості харчових продуктів. 37 % опитаних переконані, що харчові продукти подешевшають, а 8 % не очікують на суттєві зміни цін на продовольство (рис. 2.23).



Рис. 2.23. Результати відповідей на запитання: «Як, на Вашу думку, вплине запровадження ринку землі на вартість харчових продуктів?»

Значна частка респондентів (36 %) вважають, що запровадження ринку землі спричинить подальшу концентрацію матеріальних активів та земельних угідь в агрохолдингах. 29 % опитаних наголосили, що за умови ринкового обігу сільськогосподарських земель активніше розвиватимуться як фермерські господарства, так і великі агроформування.

Низькою є частка тих, хто сподівається, що будуть сформовані сприятливі передумови для розвитку фермерських господарств (9 %) та у цілому сільських територій (7 %) (рис. 2.24).



Рис. 2.24. Результати відповідей на запитання: «На Вашу думку, чи вплине запровадження ринку землі на монополізацію аграрного бізнесу?»

Третина респондентів переконана, що запровадження ринку землі сприятиме залученню інвестицій на сільські території та налагодженню переробки продукції (33 %) (рис. 2.25). Однак, частина респондентів (34 %) вважає, що суттєвих змін у налагодженні переробки на сільських територіях не відбудеться.

Соціологічне дослідження показало, що надходження інвестицій у переробку сільськогосподарської продукції очікується, насамперед, у лісостеповій зоні Житомирщини, де кращі землі та розвиненіша інфраструктура. Саме ці території вже зараз залучають значні обсяги відповідних інвестицій.

Як зазначалося вище, значна частка респондентів (26 %) планує продати власний земельний пай в умовах відкриття ринкового обігу сільськогосподарських земель. Наявні у середньостатистичної сільської родини Житомирщини 2 земельні паї (5 га) дозволять отримати 5-7 тис. доларів США (рис. 2.26).

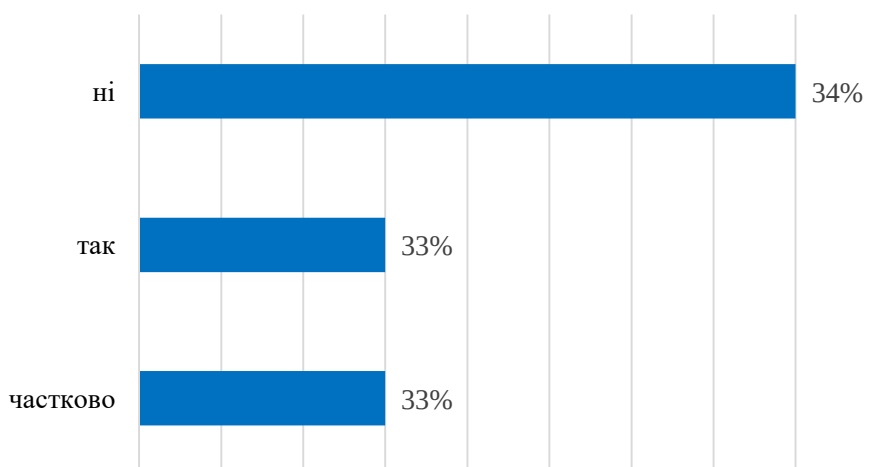


Рис. 2.25. Результати відповідей на запитання: «На Вашу думку, чи сприятиме запровадження ринку землі розвитку переробки продукції на сільських територіях?»

На базі результатів опитування встановлено, що отримані кошти від продажу земельних паїв власники планують витратити на такі цілі:

1. Проведення ремонту житла та покращення умов проживання (26%). Багато сільських будівель, значна частина яких збудована 20-30 років тому, потребують ремонту та перепланування, підведення газу та води.



Рис. 2.26. Результати відповідей на запитання: «Якщо Ви плануєте продати весь або частину земельного паю, то як Ви плануєте витратити кошти в умовах відкриття ринку землі?»

2. Допомога дітям, онукам (23%). Багато мешканців сільських територій допомагають дітям та онукам, які проживають у містах.

3. Придбання ліків (17%). Значна кількість сільських мешканців, враховуючи їх вік, умови життя і роботи, потребують амбулаторного лікування, проведення операцій.

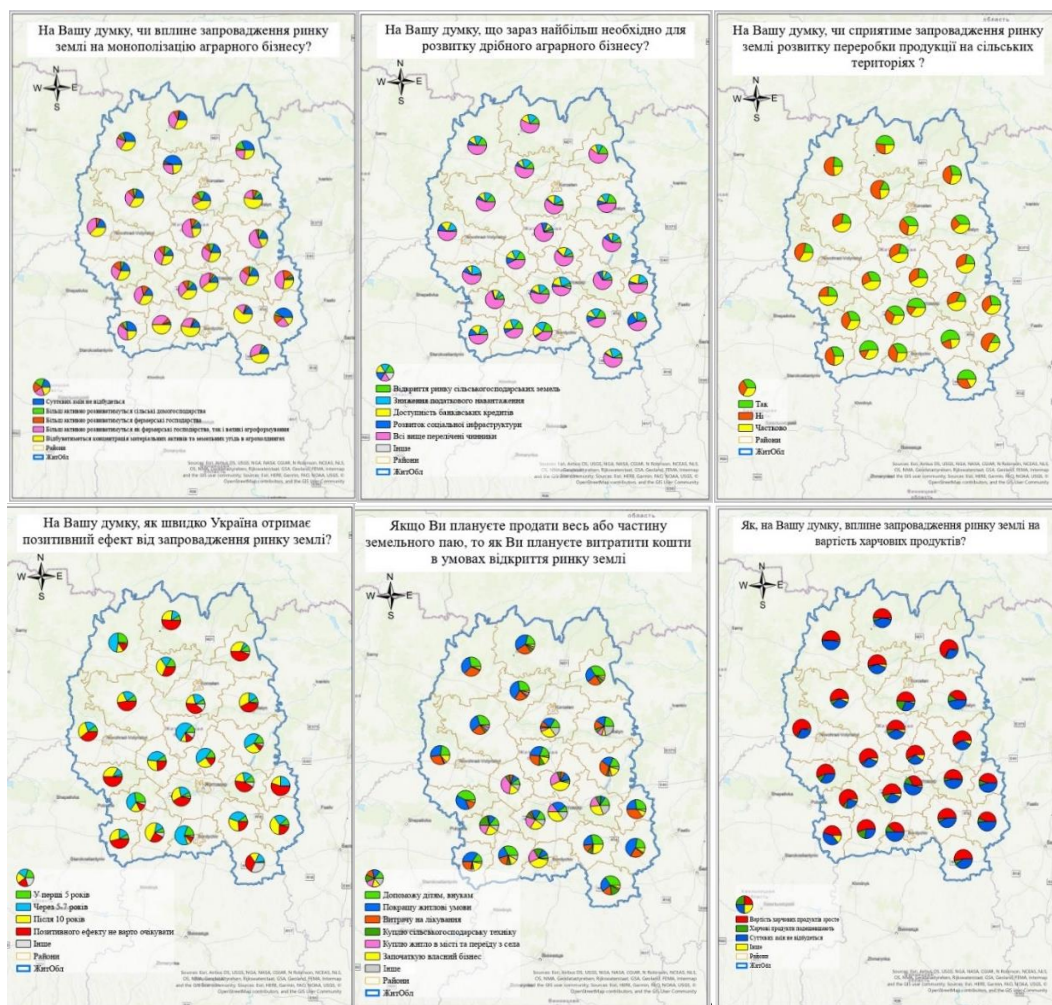


Рис. 2.27. Територіальний та структурний розподіл відповідей на запитання щодо наслідків від впровадження ринку землі

4. Започаткування власного бізнесу в аграрній чи суміжних галузях (14%). Такий варіант відповіді на питання найчастіше вказували мешканці районів, що знаходяться поблизу обласного центру та у лісостеповій зоні, де кращі землі та є розвинена логістика.

5. Купівля житла у місті та переїзд з села (8%). Для певної частки власників земельних паїв продаж землі розглядається як можливість

придбати житло у місті. Особливо це актуально для районів навколо обласного центра.

6. Купівля сільськогосподарської техніки (6%). Окремі власники земельних паїв мають бажання частину землі обробляти самостійно, для чого їм потрібно придбати сільськогосподарську техніку (міні-трактори) та певний інвентар (борони, культиватори, сівалки).

Водночас варто відмітити, що наразі на сільських територіях існує ряд системних проблем, які потрібно вирішувати комплексно. Запровадження ринку землі може стати тільки одним із драйверів, які сприятимуть подальшим змінам.

Для власників земельних паїв актуальними питаннями наразі є зниження податкового навантаження, доступність банківських кредитів, розвиток соціальної інфраструктури, реформа охорони здоров'я, боротьба з корупцією, пенсійна реформа, реформа освіти, децентралізація. Більшість респондентів (37%), вважають що лише комплексне впровадження перелічених заходів та реформ може сприяти розвитку сільських територій (рис. 2.28).



Рис. 2.28. Результати відповідей на запитання: «На Вашу думку, що зараз найбільш необхідно для розвитку дрібного аграрного бізнесу?»

35% респондентів вважають, що позитивного ефекту від ринкового обігу сільськогосподарських земель для сільських територій взагалі не варто очікувати. 25% опитаних очікують, що позитивний ефект можливий через 5-7 років, а 40% вбачають можливі позитивні зміни для сільських територій лише у довгостроковій перспективі (понад 10 років) (рис. 2.29).

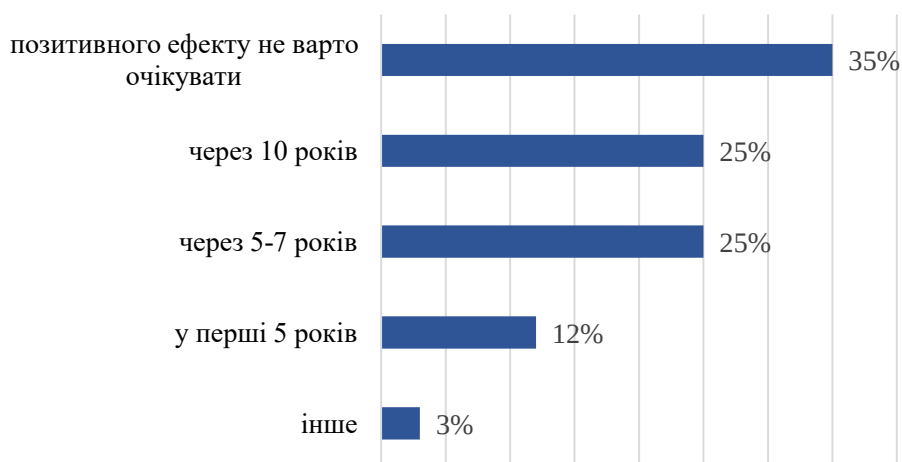


Рис. 2.29. Результати відповідей на запитання: «На Вашу думку, як швидко Україна отримає позитивний ефект від запровадження ринку землі?»

Четвертий блок аналітичного дослідження «Майбутнє сільських територій». Оскільки сільськогосподарське виробництво лежить в основі економічної діяльності досліджуваного регіону, перспективи розвитку сільських територій необхідно досліджувати із урахуванням діяльності суб'єктів аграрного бізнесу. На питання «Як сільгоспвиробники впливають на розвиток села» 90% респондентів відповіли, що виробники сільськогосподарської продукції мають позитивний вплив на розвиток сільських територій, 4 % відзначити їх негативну роль, а 5 % вважають, що розвиток села не залежить від дій сільгоспвиробників (рис. 2.30).

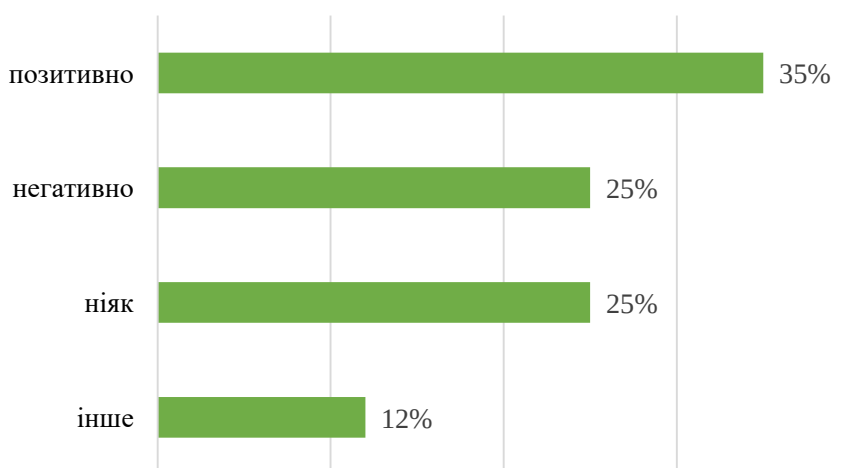


Рис. 2.30. Результати відповідей на запитання: «На Вашу думку, як сільгоспвиробники впливають на розвиток села?»

Варто відмітити, що ключовими категоріями товаровиробників, що здійснюють господарську діяльність в аграрному секторі, є дрібні господарства та великі вертикально інтегровані аграрні холдинги.

Упродовж останнього десятиріччя в Україні відбувається інтенсивна корпоратизація сільськогосподарського виробництва. Малі та сімейні фермерські господарства через відсутність доступу до зовнішніх ринків сільськогосподарської продукції і недорогих кредитних ресурсів поступово втрачають конкурентоспроможність.

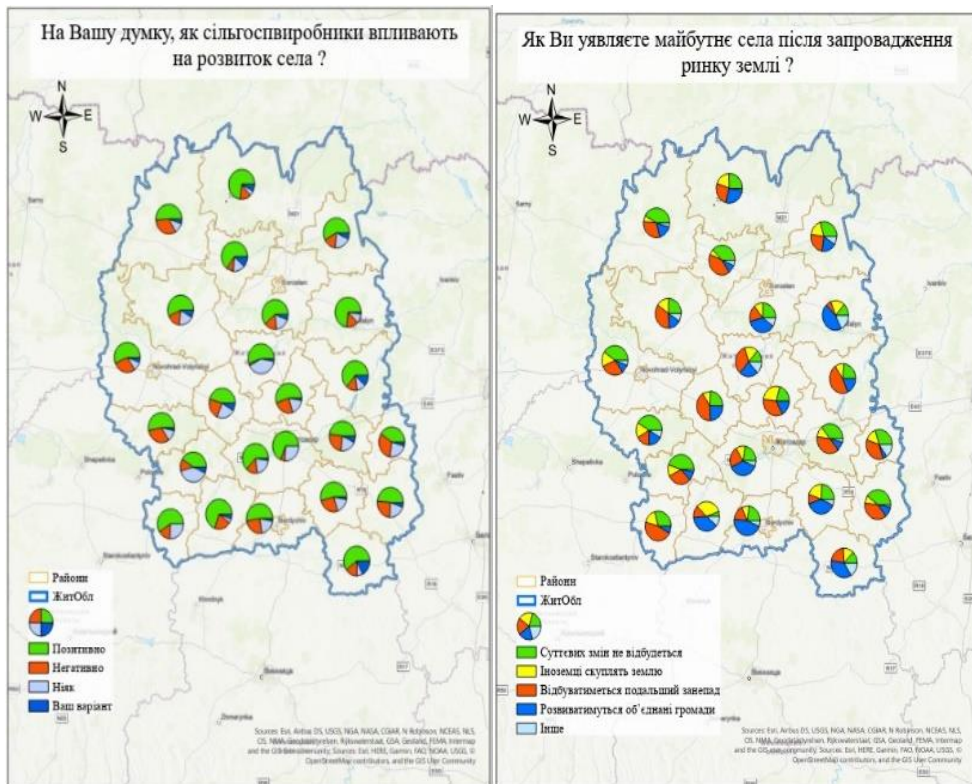


Рис. 2.31. Територіальний та структурний розподіл відповідей на запитання щодо перспектив розвитку сільських територій

При цьому корпоратизація сільського господарства України посилює тенденцію до скорочення кількості робо

чих місць у галузі. Вищезазначене призводить до відтоку людей з сільських територій. На питання “Чи планують ваші діти та онуки залишитися у селі”? відповідь “так” обрали лише 11% респондентів; 47 % опитаних зазначили, що їх діти не планують залишатися у селі; 8 % вказали, що їх діти вже залишили сільські території. 25 % респондентів ще не визначилися з відповіддю на вказане питання та відзначили, що їх рішення буде залежати, зокрема, від змін та реформ, які будуть відбуватися на сільських територіях (рис. 2.32).

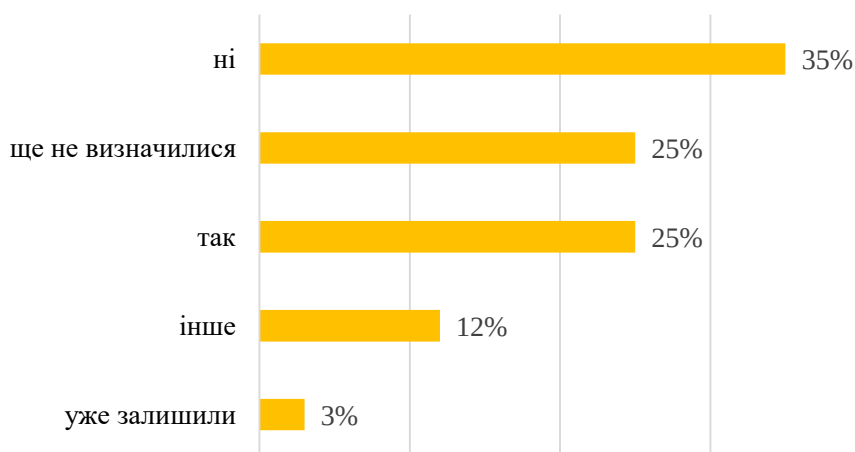


Рис. 2.32. Результати відповідей на запитання: «Чи планують Ваші діти, онуки залишитися у селі?»

Вирішення вищезазначених проблем сільських територій потребує системного підходу. Розвиток ринку землі може бути лише однією із складових даного підходу, що підтверджується результатами проведеного соціологічного дослідження. Зокрема, 29% респондентів вважають, що у разі запровадження ринкового обігу сільськогосподарських земель суттєвих змін для сільських територій не відбудеться. 26% опитаних впевнені, що спостерігатиметься подальший занепад села, а 24% зазначили, що ринок землі стане поштовхом для розвитку об'єднаних територіальних громад. 14% респондентів вважають, що іноземці скуплять значні площі сільськогосподарських угідь (рис. 2.33).

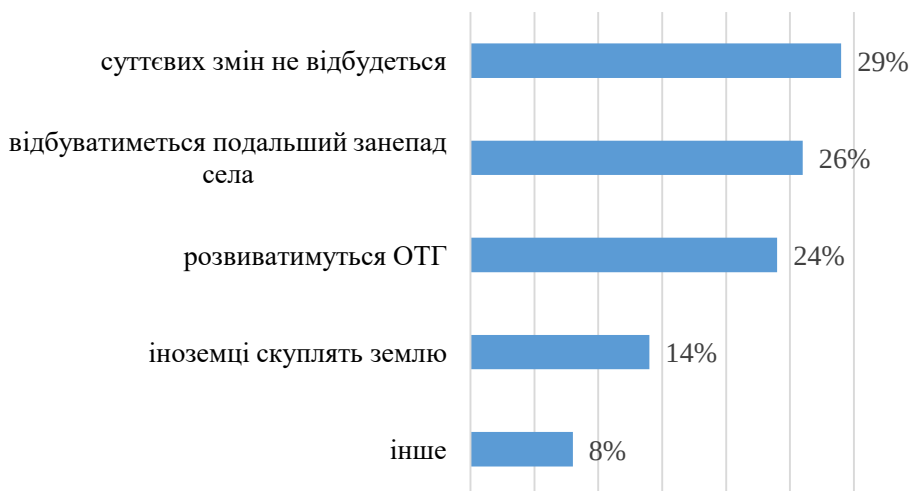


Рис. 2.33. Результати відповідей на запитання: «Як Ви уявляєте майбутнє села після запровадження ринку землі?»

У цілому, на думку авторів, завершення земельної реформи без завершення адміністративно-територіальної, пенсійної, податкової та медичної реформ не забезпечить суттєвих позитивних змін у розвитку сільських територій.

Отримані результати та методика оцінки рівня продовольчої безпеки країни на базі програмного середовища ARCGIS можуть бути використані в умовах тимчасової окупації частини територій України для визначення стану продовольчого забезпечення населення на постраждалих територіях та прийняття відповідних управлінських рішень з метою забезпечення населення достатньою кількістю харчових продуктів.

2.3. Моніторинг використання сільськогосподарських угідь для забезпечення продовольчої безпеки із застосуванням систем ДЗЗ

Україна володіє масштабним за площею та високої якості земельним ресурсом, проте продуктивність її агросектору та доходи землевласників є значно нижчими, ніж в ряді інших країн. Без дієвих інструментів управління земельними ресурсами сільськогосподарські землі використовуються недостатньо неефективно. У разі більш ефективного управління земельними ресурсами доходи бюджетів територіальних громад можуть суттєво зрости. Це, в свою чергу, стане важливим індикатором успіху розпочатих в країні реформ. В цьому контексті важливим та перспективним є впровадження систем моніторингу землекористування та точного землеробства із використанням сучасних космічних технологій ДЗЗ⁵⁶.

В аграрному секторі ДЗЗ використовується на регіональному та державному рівнях для моніторингу, контролю та координації діяльності. Зокрема, ДЗЗ є ефективним інструментом для проведення інвентаризації сільськогосподарських угідь з метою контролю стану земельних ділянок для забезпечення достовірності даних щодо обліку і фінансової звітності.

Також вже можливе визначення щільності ґрунту, його вологості, що є одним із основних факторів отримання стабільних урожаїв. Додамо до переліку і сільськогосподарську гідрологію, тобто спостереження за гідрологічними характеристиками земель (рівнем підземних вод, фіксацією температури в сусідніх водоймах, вимірювання обсягу води в річках і в озерах), сільськогосподарську метеорологію – моніторинг температури і вологості повітря, швидкості і напрямку вітру, кількості опадів, атмосферного тиску, температури ґрунту, а також інтенсивності сонячного випромінювання.

Наразі точне землеробство – комплексна високотехнологічна система сільськогосподарського виробничого менеджменту, що включає в себе

⁵⁶ Зацерковний В. І. Аналіз можливості підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва при застосуванні ГІТ у задачах управління. *Вісник ЧДТУ. Сер. Техн. науки*. 2013. № 3(67). С. 174–183.

технології глобального позиціонування (GPS), географічні інформаційні системи (GIS), технології оцінки врожайності (“YieldMonitor Technologies”), технологію змінного нормування (“VariableRateTechnology”) і технології дистанційного зондування землі, а ще контроль технічних засобів. Точне землеробство – один зі способів інтенсифікації сільського господарства. В основі наукової концепції точного землеробства лежать уявлення про існування неоднорідностей у межах одного поля. Для їх оцінки і детектування використовуються новітні технології, такі як системи глобального позиціонування, спеціальні датчики; дані ДЗЗ, зокрема аерофотознімки і знімки зі супутників, супутникова радарна зйомка, а також спеціальні програми для агроменеджменту на базі геоінформаційних систем. Наразі прозоре й ефективне управління земельними ресурсами – необхідна умова для економічного розвитку держави та територіальних громад.

Розвитку систем ДЗЗ у сільському господарстві сприяють міжнародні програми, які діють в Україні. Так, Світовий банк за фінансової підтримки ЄС запустив в Україні пілотний проект супутникового моніторингу використання сільськогосподарських земель. Проект у рамках 5-річної програми з підвищення прозорості та ефективності управління земельними активами в Україні “Supporting Transparent Land Governance in Ukraine” на даний момент реалізовано в трьох областях: Львівській, Київській та Миколаївській. Його впроваджує компанія EOS, котра на основі даних космічного моніторингу провела аналіз рослинного покриву земної поверхні, що дозволило створити карту посівів сільськогосподарських культур, визначити точні межі полів⁵⁷. Також Міністерством розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України презентовано проект “Відкрита земля”. Головна його мета – забезпечити прозорість та відстежуваність земельних відносин, а також надати інформацію про власників землі, вартість угод купівлі-продажу та оренди, концентрацію земель в одних руках тощо⁵⁸.

Питання розвитку земельних відносин та моніторингу сільськогосподарських угідь із застосуванням систем ДЗЗ є актуальним, що обумовлює значну кількість публікацій. Аналіз наявних публікацій, даних з інформаційних порталів та нормативно-правових документів дозволяє виокремити ключові питання, вирішення яких є передумовою для забезпечення ефективного моніторингу сільськогосподарських угідь у найближчій перспективі. Це, зокрема, забезпечення наповненого земельного кадастру, простих та швидких процедур у сфері земельних відносин та обміну даними щодо володіння земельними ресурсами з боку державних органів; розвиток спроможності місцевих громад до ефективного управління земельними ресурсами. Реалізація зазначеного можлива в тому числі і за рахунок застосування технологій ДЗЗ.

⁵⁷ Данкевич В. Діджиталізація у сфері земельних відносин. *AgroPolit* : вебсайт. URL: <https://agropolit.com/blog/350-didjitalizatsiya-u-sferi-zemelnih-vidnosin>

⁵⁸ Почав працювати перший портал відкритих геоданих для громад GIS Data. *SELO* : вебсайт. URL: <https://selo.ua/ru/blog/pochav-pracuvati-pershij-portal-vidkritih-geodanih-dla-gromad-gis-data>

Методи ДЗЗ базуються на реєстрації і подальшій інтерпретації відбитої сонячної радіації від поверхні ґрунту, рослинності, води та інших об'єктів. При використанні методів ДЗЗ фіксування випромінювання виконується як з використанням хімічних фотографічних методів, так і електронних фоточутливих елементів. У першому випадку зображення поверхні Землі фіксується на фотоплівці, що вимагає доставки її на поверхню Землі, проявлення і друку знімків. ДЗЗ дозволяє моніторити сівозміну та прогнозувати врожайність. Також ДЗЗ надає змогу моніторити ерозії ґрунтів та рубки лісу, вивчати доцільність впровадження ірригаційних систем. Дана технологія покращить облік земель громад та дозволить підвищити дохід від оренди земель.

Провідні країни світу активно розвивають космічні технології, зокрема ДЗЗ, так як важливість цієї галузі в загальнонаціональному розвитку важко заперечити. Так, США, Росія, Франція, Китай вже провели диверсифікацію в космічній галузі і створили широкий перелік космічних програм: військову, промислову, телекомунікаційну, аграрну тощо. Такий розподіл засвідчує, що інформація, отримана з космосу, є важливим компонентом розвитку цих галузей⁵⁹. Найбільш суттєвий вплив космічні технології здійснюють на екологічний моніторинг, транспортну, науково-технічну галузь. При цьому сільське господарство знаходиться на одному щаблі з енергетикою (рис. 2.34).

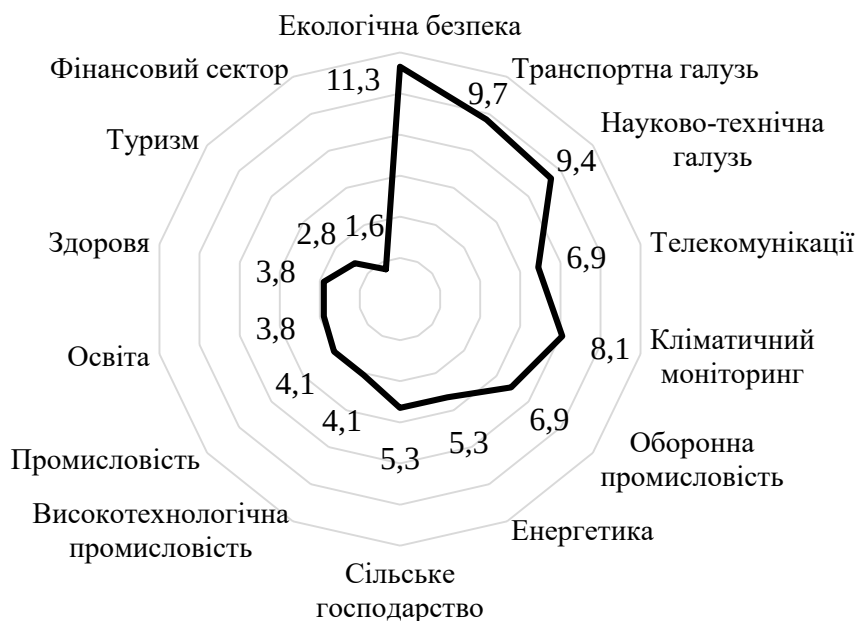


Рис. 2.34. Частка зростання ефективності галузі після запровадження супутникових технологій

⁵⁹ NASA spinoff database. 2018. URL: <https://spinoff.nasa.gov/database>

Щодо сільського господарства, то в країнах ЄС за допомогою цієї технології замінили роботу контролерів полів. За даними ДЗЗ приймаються рішення про надання субсидій. В США за допомогою супутникових даних прогнозують врожай та аналізують ціноутворення.

Аналізуючи сферу застосування космічних технологій, слід відмітити, що попереду амбітні плани з тотального покриття планети Інтернетом через тисячі супутників, підготовка до космічних подорожей, колонізація інших планет, дослідження позаземних цивілізацій та інше. В цьому контексті доцільно оцінити тенденції і плани з освоєння космічного простору та можливої ролі нашої країни в цих процесах⁶⁰.

В умовах сучасних глобальних викликів, передові країни світу значну частку бюджетних коштів витрачають на космічні технології. При цьому кошти розподіляються між різними сферами, де військовий сектор наразі не має монопольного становища, як це було досить довгий час. Рекордсменом за бюджетом у світі є американське космічне агентство NASA, яке у 2018 році на своє фінансування отримало більше ніж 21 млрд доларів. Інші учасники «космічного ринку» теж мають значні кошти. Так, бюджет міжнародної Європейської космічної агенції у 2018 році склав майже 6,5 млрд доларів⁶¹.

Перспективним напрямом використання космічних технологій для України є аграрний сектор. Уже сьогодні значна кількість сільськогосподарських операцій здійснюється за допомогою технологій ДЗЗ (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Можливості використання технологій дистанційного зондування Землі в аграрному секторі економіки

Рівень	Застосування
Державний	✓ підтримка управлінських рішень; ✓ прогноз врожаю основних культур; ✓ моніторинг надзвичайних явищ; ✓ картографування території; ✓ моніторинг стану розвитку сільського господарства; ✓ моніторинг екологічного стану ґрунтів; ✓ моніторинг стану розвитку та розповсюдження бур'янів; ✓ моніторинг стану навколишнього середовища
Підприємства	✓ моніторинг виробничих процесів; ✓ моніторинг процесів розвитку рослин; ✓ ідентифікація та облік площ посівів; ✓ прогноз врожайності агрокультур; ✓ оцінка стану посівів агрокультур; ✓ визначення площ посівів; ✓ визначення ділянок, що потребують внесення добрив та ядохімікатів; ✓ контроль сівозмін та якості проведення агротехнічних заходів, визначення площ вимерзання агрокультур; ✓ визначення площ пасовищ; ✓ оцінка снігового покриву, вологості; ✓ визначення уражених ділянок.

⁶⁰Statistical Yearbook “Land Governance Monitoring in Ukraine: 2016–2017”. URL: <http://www.kse.org.ua/en/research-policy/land/governance-monitoring/yearbook-2016-2017/>

⁶¹ Мільярди на космос: скільки витрачає Україна і світ. BBC NEWS УКРАЇНА : вебсайт. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-45422875>

Комплексні геоінформаційні технології виробництва сільськогосподарської продукції, що одержали назву «точне землеробство», основою яких є дані ДЗЗ, є інструментом, який забезпечує вирішення трьох основних задач, що зумовлюють успіх в умовах сучасного ринку: пошук оперативної та об'єктивної інформації, здатність прийняти вірні управлінські рішення й можливість реалізувати ці рішення на практиці.

Технології ДЗЗ є досить ефективним інструментом для контролю сільськогосподарських угідь на рівні територіальних громад, що особливо актуально в умовах адміністративно-територіальної реформи та розширення повноваження громад. В Україні почав працювати перший портал відкритих геоданих для громад GIS Data. Це інструмент для розумного керування громадами. Він містить понад 100 датасетів з 40 джерел та 13 порад щодо їх застосування⁶². Дані про економічний розвиток, промисловість, рекреаційний потенціал, забудову, актуальні та високоточні дані про ґрунти, сільськогосподарські культури, навіть погоду, тощо – все те, що потрібне кожній громаді для прийняття різних рішень та подальшого розвитку. Слід відмітити, що всі ці дані раніше були розпорошені за різними джерелами.

Впровадивши аналітичні е-рішення, більшість з яких побудовані на базі порталу відкритих геоданих для громад GIS Data, громади отримують інструменти, з якими зможуть збільшити надходження до бюджету, ефективно управляти своїми активами, вирішити екологічні проблеми, моніторити навколишнє природне середовище, прогнозувати розвиток несприятливих явищ (ерозії, зсувів, підтоплень тощо), управляти мережею соціальної інфраструктури тощо.

Значною проблемою в Україні є закритість значної кількості необхідної інформації для сільськогосподарського землекористування. Наприклад, сільська рада не може побачити, хто володіє окремою ділянкою, що значно ускладнює ухвалення будь-яких рішень щодо розвитку сільських територій. Саме тому має бути забезпечений доступ до інформації щодо земельних ресурсів для будь-якого користувача в Україні; доступ сільських рад до даних про належну їм землю. Окрім того, мають бути значно розширені набори даних, що збираються органами статистики та є доступними для моніторингу і аналізу (зокрема, за рахунок геоданих).

Як свідчать проведені дослідження, щоб забезпечити належну ефективність, в сфері управління земельними ресурсами в Україні потрібно активно використовувати дані ДЗЗ та проводити моніторинг земельних ресурсів. Перспективними напрямками землекористування на рівні держави, де можуть бути застосовані сучасні космічні технології, є наповнення Державного земельного кадастру, інвентаризація земель та цифровізація даних про земельні відносини.

Аналізуючи діяльність аграрних товаровиробників, слід відмітити, що підприємства корпоративного типу використовують такі технології точного

⁶² GIS DATA – портал каталогізованих джерел геоданих, багатoshарових е-карт, їх застосування для управління громадами/регіонами. URL: <https://cid.center/gisdata/>

землеробства: системи глобального позиціонування (GPS-навігатори, ГЛОНАСС), системи аналізу проб ґрунту у заданих точках, супутникову та аерофотозйомку, а також спеціальні програми для агроменеджменту на базі геоінформаційних систем.

Обладнання з елементами технології точного землеробства використовуються і вітчизняними товаровиробниками. У вітчизняних підприємствах ТОВ “А.Т.К.”, ТОВ “Миронівський хлібопродукт”, ТОВ “Астарта-Київ”, ПАТ “ТАКО”, ТОВ СП “Нібулон”, ТОВ “Компанія Агро-Трейд”, ТОВ “УкрАгроКом”, ТОВ “Агро-Союз”, ПАТ “Укрзернопром”, ТОВ “Лотуре” широкого запровадження набуло використання комп’ютерних модулів на сільськогосподарській техніці, призначених для контролю витрати палива, насіння, норми внесення добрив. Сучасні технології ДЗЗ дозволяють вести облік всіх технічних засобів підприємства, відображати їх розташування та ефективність роботи (табл. 2.4).

Окрім підвищення точності роботи, використання інтегрованих операційних систем управління з використанням даних ДЗЗ дозволяє механізаторам більше уваги приділяти робочим машинам, дає можливість працювати вночі, ефективніше використовувати сучасну техніку. Посівні комплекси, обладнані супутниковою навігацією, дають можливість здійснювати агромоніторинг та посів із точністю до сантиметра, що важливо для дотримання технології вирощування культур. Комп’ютеризація зернозбиральних комбайнів дає можливість отримувати всю необхідну інформацію під час збору урожаю: урожайність, вологість, кількість намолоту та втрати зерна, кількість обмолоченої площі за день чи за весь період жнив. Зразок даних, які отримуються при агромоніторингу сільськогосподарських угідь, представлено на рис. 2.35.

Таблиця 2.4 – Інтегровані операційні системи управління при інтенсивному землекористуванні

Система	Можливості
Системи управління господарським процесом (“1С”, “AGROLAB”, “M.E.Doc”)	Дає можливість виявити місце і вид роботи автомобіля, витрату палива, пробіг та робочий час, стан виконання господарських операцій на підприємстві
Системи управління процесом землеробства (“No-till”, “Auto Track”)	Передбачає можливість підготовки планів роботи на полях; надання звітів про технологічні операції, точність операцій землеробства, витрати палива, насіння, добрив та засобів захисту рослин; прогнозування врожайності
Системи контролю виробничого процесу	Передбачає можливість реєстрації ваги авто; прив’язку ваги до номера авто; облік інформації у системі; зниження витрат на облік продукції; зниження виробничих витрат та собівартості
Системи управління логістикою на підприємстві	Передбачає можливість вирішення транспортних задач щодо переміщення вантажів та сільськогосподарської техніки між окремими полями у період виконання господарських операцій

Враховуючи вартість космічних технологій моніторингу за землекористуванням та складний фінансовий стан багатьох вітчизняних

товаровиробників, розгортання комплексу програмно-технічних засобів на підприємстві можна проводити поетапно, поступово підключаючи необхідні компоненти програмного забезпечення.

Вирішення завдання автоматизації процесів планування, диспетчеризації, обліку й контролю у сільськогосподарському виробництві необхідно застосовувати комплексно з використанням геоінформаційних систем, супутникової навігації (GPS), систем передачі даних по каналах GSM/GPRS, комп'ютеризованого диспетчерського центру й різних датчиків, що встановлюються на сільськогосподарській техніці⁶³.

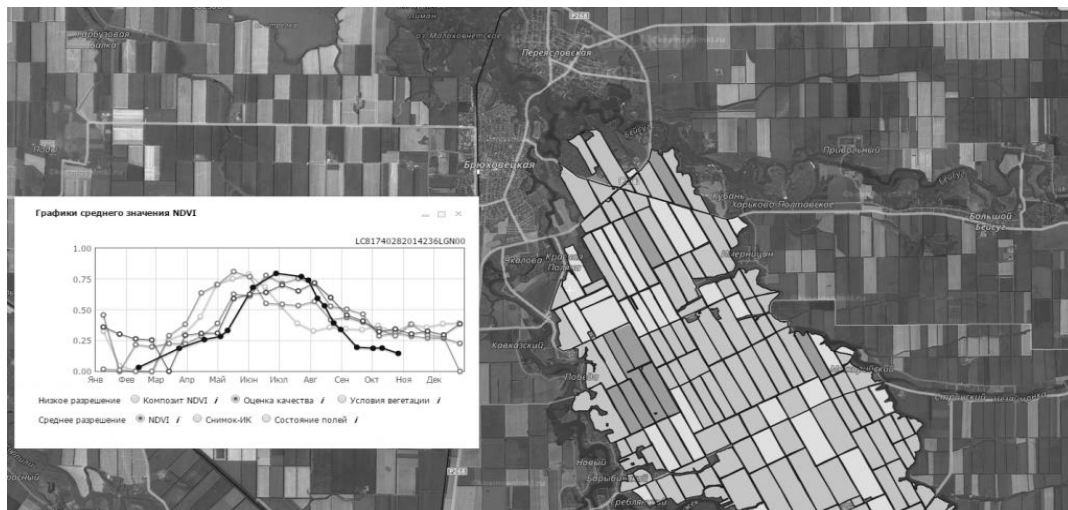


Рис. 2.35. Дані агромоніторингу сільськогосподарських угідь

Технології ДЗЗ надають широкий спектр можливостей для сільськогосподарського землекористування, зокрема таких як ідентифікація та облік площ посівів; прогноз врожайності агрокультур; оцінка стану посівів агрокультур; визначення площ посівів; визначення ділянок, що потребують внесення добрив та ядохімікатів; контроль сівозмін та якості проведення агротехнічних заходів; визначення площ вимерзання агрокультур; визначення площ пасовищ; аналіз результатів субсидіювання; оцінка снігового покриву, вологості; визначення уражених ділянок та багато іншого. Досвід інших країн показує, використання аграрним підприємством такої інформації дозволяє підвищити ефективність землекористування.

Застосування геоінформаційних технологій у сільському господарстві можливо як на регіональному, так і на державному рівнях для вертикальної (між різними рівнями управління) та горизонтальної (між господарствами або організаціями одного рівня) координацій дій. Найбільш відомими і ефективними провайдерами цього сервісу є такі компанії: “Cropio”, “eLeaf”,

⁶³ Супутники на службі в аграріїв: планування посівної за допомогою EOS Crop Monitoring. LANDLORD: вебсайт. URL: <https://landlord.ua/news/tehnologii/suputnyky-na-sluzhbi-v-ahraryiv-planuvannya-posivnoi-za-dopomohoiu-eos-crop-monitoring/>

“PrecisionAgriculture”, “Astrium-Geo”, “MapExpert”. Використання цих систем дозволяє не тільки оперативно стежити за станом сільськогосподарських угідь, але й у режимі реального часу отримувати звіти і повідомлення про виробництво; робити прогнози щодо врожайності полів і всього господарства цілком; отримувати супутню інформацію про ринки сільгосппродукції, котирування валют і ціни сільськогосподарських товарів на окремих біржах.

2.4. Управління продовольчою безпекою в умовах війни: внутрішні та зовнішні виклики

Вторгнення російських військ в Україну спричинило гуманітарні продовольчі кризи у ряді країн світу. Тому війна росії проти України – це війна і проти країн Близького Сходу та Північної Африки, які є основними імпортерами продовольства з України. Згідно з даними Державної митної служби України, за підсумками 2021 р. Україна експортувала агропродовольства на суму \$27,9 млрд. У 2021 р. зафіксовано найбільші в історії України обсяги експорту пшениці – 20071 тис. т, м’яса птиці – 459 тис. т, заморожених ягід та інших фруктів – 76 тис. т, макаронних виробів – 38 тис. т. У 2021 р. Азія продовжила посилювати свої позиції основного імпортера вітчизняної агропродукції, в черговий раз поспіль закупивши рекордну кількість українських сільгосппродуктів. Вартісні обсяги вітчизняного експорту до країн цього регіону торік збільшилися до \$13,7 млрд. Обсяг поставок до країн Африки зріс з \$2,9 млрд у 2020 р. до \$3,7 млрд. у 2021 р. Відповідно досліджень Київської школи економіки найбільш залежними від українського імпорту продовольства країнами є Єгипет, Ємен, Індонезія, Бангладеш, Ефіопія, Ліван, Лівія, Пакистан, Ірак⁶⁴.

Ще до початку війни росії проти України ціни на продовольство значно зросли. У січні 2022 р. світові ціни на основні види продовольства досягли рекордного рівня. Загальний індекс продовольчих цін ФАО в січні становив 135,7 пункту, що на 1,5 пункту (1,1%) більше, ніж було в грудні⁶⁵. Військові дії на території України спричиняють значне підвищення світових цін на продовольство. Агресія росії проти України загрожує продовольчій та гуманітарній безпеці у багатьох країнах світу.

Україна входить у ТОП-5 світових експортерів продовольства, тому менше весь світ відчує наслідки війни в Україні. Україна та росія спільно забезпечують 29% світового експорту пшениці, 19% світових поставок зерна кукурудзи та 80% світового експорту соняшникової олії. Перебої з постачанням із регіону Чорного моря вплинуть на загальну глобальну

⁶⁴ Данкевич В. Вторгнення російських військ в Україну загрожує світовій продовольчій безпеці. *Вокс Україна*. URL: <https://voxukraine.org/vtorgnennya-rosijskyh-vijsk-v-ukrayinu-zagrozhuje-svitovij-prodovolchij-bezpetsi/>

⁶⁵ Smaller C. Overcoming the threats to global food systems from Russia's invasion of Ukraine. *IFPRI Blog*. URL: <https://www.ifpri.org/blog/overcoming-threats-russias-invasion-ukraine-poses-global-food-systems>

доступність продовольства. Лише за перший тиждень воєнних дій на території України вартість продовольчої пшениці на світовому ринку зросла на 100% і становила \$400 за тонну. Для порівняння, за аналогічний період минулого року цей показник становив 150 \$/т. На даний момент експорт зерна з України припинено, а це означає, що Україна не зможе постачати світові законтрактовані мінімум 6 млн т пшениці та 15 млн т кукурудзи, якщо війна продовжиться. Для порівняння, у 2021 р. Україна експортувала 51 млн т пшениці⁶⁶.

Подальша ситуація з продовольчою безпекою в Україні та країнах Близького Сходу та Північної Африки, які є основними імпортерами продовольства з України, значно залежить від проведення посівної кампанії. Наразі розпочинається найскладніша за всю історію незалежної України весняна посівна в умовах бойових дій. Забезпечення ресурсами у значній своїй частині господарств становить 30-50%. Згідно з опитуванням сільгоспвиробників, найбільша проблема – це паливо. Проблемними також залишаються питання забезпечення добривами, насінням, засобами захисту рослин, запчастинами до техніки. Частина господарств скаржиться, що закупили все необхідне ще восени, але наразі немає фізичної можливості це отримати. Проаналізуємо окремо кожен елемент посівної кампанії.

1. *Терміни проведення.* Війна поставила під загрозу посівну кампанію, яка мала розпочатися орієнтовно у третій декаді березня (залежно від погодних умов). Потрібно було в стислі строки, щоб не втратити вологу, посіяти ранні ярі культури, такі, як: пшениця, ячмінь, овес, горох, ріпак, окремі овочеві. В цей період також необхідно підживити озимі зернові та технічні культури, зокрема: пшеницю, жито та ріпак. Щодо високоенергетичних культур, а саме кукурудзи на зерно, соняшнику та сої, які висіваються у квітні місяці, необхідно запасти достатню кількість посівного матеріалу та матеріально-технічних засобів. Критична ситуація може бути з посівами кукурудзи на зерно, сої та соняшнику (по експорту яких Україна є одним із лідерів у світі). Ситуація є більш втішною лише стосовно пшениці, понад 70 % якої є озимою та наразі потребує лише додаткового підживлення та засобів захисту по догляду за посівами.

2. *Людські ресурси.* В Україні 24 лютого 2022 р. розпочато проведення загальної мобілізації. Мобілізація має бути проведена на території усієї країни протягом 90 діб. Передбачено здійснити призов військово-зобов'язаних, резервістів та залучення транспортних засобів для забезпечення потреб ЗСУ. Відповідно, значна кількість працівників, які були залучені до сільськогосподарських робіт, наразі долучилися до ЗСУ та територіальної оборони. Для того, щоб забезпечити посівну, уряд запроваджує бронювання військовозобов'язаних. Аграрні підприємства та виробники продовольства подаватимуть Мінагрополітики списки критично важливих працівників, яким

⁶⁶ Dankevych V. Russian Invasion into Ukraine Threatens World Food Security. *Food Tank* : вебсайт. URL: <https://foodtank.com/news/2022/03/russian-invasion-into-ukraine-threatens-world-food-security/>

буде надана відстрочка від призову на військову службу під час мобілізації та на воєнний час.

3. *Забезпечення пально-мастильними матеріалами.* Неабиякої актуальності набуває питання забезпечення сільськогосподарської техніки пально-мастильними матеріалами. Так, за даними Консалтингової групи “А-95” у 2021 р. 2,05 млн т дизпального було імпортовано з росії. Хоча це менше від показника 2020 р. (2,61 млн т) і частка російського ресурсу в загальному обсязі імпорту дизельного пального скоротилася з 42%, які були 2020 р. до 30% – у 2021 р., та все ж це є досить високим показником.

Зрозуміло, що в умовах війни про купівлю палива у країни-агресора не може бути й мови. Так само є неможливим постачання пального із сусідньої Білорусії, оскільки значна кількість військ вторглася на територію України саме зі сторони Білорусії, звідти ж було нанесено значну кількість ракетних ударів. Зважаючи, що з Білорусії у 2021 р. було імпортовано на 30% (667 тис. т) дизпалива більше (2,89 млн т) порівняно з 2020 р., або 42% всього імпорту дизельного палива, це дало їй змогу отримати статус найбільшого постачальника дизпалива в Україну. Таким чином, перед Україною постає гостра і нагальна потреба в пошуку нових альтернативних постачальників палива.

4. *Логістика та контроль портів.* В аспекті забезпечення своєчасної посівної компанії критичним для України є контроль портів. Так, для прикладу, рекордний обсяг дизпалива – 1,2 млн т, що в півтора рази більше, ніж в 2020-му, зайшов в Україну у 2021 р. морем. Найбільший обсяг – 405,5 тис. т – надійшов у порт Миколаєва. По 335 тис. т, 220 тис. т і 175 тис. т прийняли відповідно порти “Південний”, “Одеса” і “Херсон”. Фактично це означає, що морем можна буде закрити російський та білоруський імпорт. Перспективним альтернативним постачальником палива та інших складових посівної, які забезпечать потреби аграріїв, може стати Литва. Так, у 2021 р. відвантаження палива з Литви зросли на 11% до 691 тис. т. Порти наразі вкрай важливі для нас. По-перше, українська економіка дуже залежна від міжнародної торгівлі. По-друге, морські порти України є вкрай важливим транспортним вікном України до світових ринків – більше, як 60% українського експорту відбувається через морські порти⁶⁷.

5. *Мінеральні добрива та засоби захисту рослин.* Вторгнення росії в Україну може призвести до тривалих перебоїв у глобальних поставках калійних і азотних добрив для сільськогосподарських культур. Росія та Білорусь виробляє добрива, санкції обмежать їх постачання, ціни зростуть, фермери менше вноситимуть, врожайність знизиться, ціни на зерно зростуть.

Якщо щодо азотних добрив є альтернатива, то за калійними росія та Білорусь сукупно контролюють 40% світового ринку. Тільки для однієї Європи 25% постачання азоту, калію та фосфатів основних поживних речовин для сільськогосподарських культур надходить з росії. Таким чином,

⁶⁷ Dankevych V. Russian Invasion into Ukraine Threatens World Food Security. *Food Tank* : вебсайт. URL: <https://foodtank.com/news/2022/03/russian-invasion-into-ukraine-threatens-world-food-security>

врожайність внаслідок дефіциту добрив в Україні, буде значно нижчою за 2021 рік. Враховуючи нинішню специфіку роботи митниці, поставки в Україну мінеральних добрив, засобів захисту рослин та посівного матеріалу наразі обмежені. Відповідно необхідно максимально використовувати внутрішні запаси.

6. *Території військових дій.* Аналізуючи дані ресурсу “Урожай Онлайн 2021” слід відмітити, що у ТОП областей по валовому збору зернових і зернобобових культур (млн т) в Україні увійшли такі області: Одеська (4,4), Харківська (3,8), Дніпропетровська (3,8), Миколаївська (3,6), Запорізька (3,3), Херсонська (3,2), Вінницька (2,3) та Донецька (2,1). Основні райони вирощування продовольчих культур в Україні безпосередньо межують з Росією та Білоруссю, де останні тривають бойові дії через агресію Росії та Білорусі. Наразі напад Росії на Україну спричинив закриття портів та заборону руху торгових суден в Азовському морі, яке з’єднується з Чорним морем – одним із найважливіших регіонів світу для торгівлі. У багатьох областях ведуться бойові дії, відповідно посівна компанія може бути ускладнена, у окремих місцях взагалі неможлива.

7. *Державна підтримка та координація.* Міністерство аграрної політики та продовольства України запустило платформу для допомоги в проведенні посівної-2022, аби з’ясувати потреби аграріїв для її успішного старту й допомогти ці потреби закрити. Мінагрополітики взяло на себе додаткові функції для координації розподілу всього, що потрібно для забезпечення посівної кампанії-2022. Це стосується постачання дизельного пального, насіннєвого матеріалу, добрив, засобів захисту рослин. Для забезпечення посівної кампанії у воєнний час бюрократію щодо насіння, зокрема, сертифікації, спростять. Так ДП “Державний центр сертифікації та експертизи сільськогосподарської продукції” буде організовувати процес безперебійної реалізації насіння та садивного матеріалу, необхідного для посіву. На час воєнного стану цей процес відбувається без додаткових процедур сертифікації. Для імпортованого насіння достатньо сертифікату країни-виробника⁶⁸⁶⁹.

За даними Укрінформ, якщо воєнна обстановка суттєво не погіршиться, Україна зможе отримати врожай основних сільськогосподарських культур на рівні 70% від середньорічного показника. Наразі немає дефіциту за основними продовольчими позиціями.

Також дуже важливим є той факт, що найбільші інвестори не залишили аграрний сектор України. За даними Forbes акції найбільших українських агрохолдингів попри війну значно не знизилися. Так, капіталізація найбільших аграрних компаній станом на 28 березня була така: Кернел (510

⁶⁸ Dankevych V. Sowing in the Context of Hostilities in Ukraine as a Challenge to Global Food Security. *Food Tank* : вебсайт. URL: <https://foodtank.com/news/2022/03/sowing-in-the-context-of-hostilities-in-ukraine-as-a-challenge-to-global-food-security/>

⁶⁹ Данкевич В. Посівна в умовах бойових дій: виклики глобальній продовольчій безпеці. *Вокс Україна* : вебсайт. URL: <https://voxukraine.org/posivna-v-umovah-bojovyh-dij-vykyky-globalnij-prodovolchij-bezpetsi/>

тис. га) \$623 млн, МХП (370 тис. га) \$365 млн, Астарта (220 тис. га) \$135 млн. Зараз інвесторів менше цікавитиме війна, для них буде важливим те, наскільки українські компанії зможуть у військових умовах відновити операційну діяльність.

Водночас постає питання, чи зможе Україна експортувати продукцію та забезпечити продовольством понад 400 млн населення з різних країн світу. За даними Мінекономіки через війну, розв'язану росією в Україні, експорт українських товарів у березні скоротився удвічі, імпорт – більш як утричі. росія цілеспрямовано підриває економіку нашої держави шляхом блокування вітчизняного експорту. За інформацією Укрінформ наразі Військово-морські сили рф блокують у Чорноморському регіоні понад 90 цивільних суден, призначених для перевезення зерна та іншого продовольства. При цьому близько 30% світового експорту пшениці зазвичай припадає на Чорноморський регіон, а також 20% кукурудзи та 75% соняшникової олії. До того ж, окупанти атакують сільськогосподарську інфраструктуру, щоб завадити відновленню наших можливостей у майбутньому.

Наразі в Україні є три способи для експорту – це порти Дунаю, залізниця та автошляхи. На дунайські порти припадає приблизно 30% експорту, на залізничне сполучення – близько 70%. Нині щоденно залізницею відправляється до 30 тис. т вітчизняної зернової продукції. Основна проблема логістики на залізній дорозі – нехватка вагонів і локомотивів. Пресслужба уряду України зазначає, що європейська комісія має намір створити спеціальні торгові маршрути між Польщею та Україною, що спростять перевезення продукції.

Набагато гірша ситуація із забезпеченням продовольством очікується у країнах Близького Сходу та Північної Африки, які є основними імпортерами продовольства з України. Підвищення цін на харчові продукти у світі у результаті війни в Україні може призвести до голоду та бунтів у бідних країнах. Продовольство та енергія – дві найважливіші групи товарів у споживчих кошиках бідних людей у всьому світі. Існує небезпека повторення продовольчих бунтів, які пройшли в попередньому періоді стрімкого зростання цін наприкінці 2000-х.

За даними ФАО, світові ціни на харчові продукти та корми можуть зрости на 8-20% унаслідок війни росії проти України. За даними Bloomberg, ф'ючерси на пшеницю до кінця 2022 р. становитимуть у середньому \$11 або більше за бушель, а кукурудзу – приблизно \$7,75 за бушель або вище. Це на 30% більше, ніж на кінець 2021 р. За оцінками щорічного Global Hunger Index, до війни з Україною 47 країн, переважно з Африки та Азії, доволі серйозно страждали від недоїдання та голоду⁷⁰. В умовах відсутності постачання продовольства з України цей перелік може зрости до 60 країн.

⁷⁰ Smaller C. Overcoming the threats to global food systems from Russia's invasion of Ukraine. *IFPRI Blog*. URL: <https://www.ifpri.org/blog/overcoming-threats-russias-invasion-ukraine-poses-global-food-systems>

Крім того, міжнародні санкції можуть перервати російський експорт⁷¹. ФАО повідомила, що 50 країн, у тому числі багато з найменш розвинених країн, залежать від Росії та України на 30% або більше у поставках пшениці. Кількість людей, що недоїдають, у світі може зрости на десятки мільйонів у 2022-2023 рр.⁷²

2.5. Підсистема інформаційної підтримки прийняття агрополітичних рішень «Prod-M» для забезпечення продовольчої безпеки та оборони

В умовах інтенсифікації євроінтеграційних процесів України та її ключової ролі у забезпеченні продовольчої безпеки світу, що особливо яскраво проявилось після повномасштабного вторгнення РФ на територію України, нового значення набуває необхідність обґрунтування управлінських рішень у сфері продовольчої безпеки на всіх рівнях, починаючи від виробника сільськогосподарської продукції і закінчуючи внутрішніми та зовнішніми суб'єктами прийняття агрополітичних рішень. Вкрай важливо, щоб відповідні рішення приймалися не інтуїтивно на базі досвіду та суб'єктивних міркувань, а враховуючи багатоваріантні сценарні прогнози наслідків та ефектів кожного окремого рішення. Характерною рисою етапу обґрунтування управлінського рішення в умовах турбулентності є використання сучасних, перевірених методологій, методів та алгоритмів прогнозування та використання якомога більш повної та релевантної інформації. Для забезпечення останньої акумулювання даних має відбуватись із залученням даних із широкого кола джерел, що забезпечить максимальну точність вихідних результатів та прогнозів.

У сфері аналітичної обробки даних та прийняття рішень на всіх рівнях ієрархії в аграрному секторі економіки України використовуються дані з таких джерел:

- *статистична інформація*. Перевагою використання статистичних даних є стабільна періодичність збору, значна кількість показників, збір даних як на державному рівні, так і на регіональному, що дає можливість формувати масиви панельних даних;

- *гепросторові дані*, які характеризуються максимальною точністю та об'єктивністю. Такі дані у підтримці прийнятті агрополітичних рішень доцільно використовувати у двох напрямках. По-перше, для уточнення даних, отриманих з інших джерел. Передусім це стосується площ ріллі,

⁷¹ Dankevych V. Global Food Security During the War in Ukraine: Rising Prices and the Danger of Famine In Africa and Asia. *Food Tank* : website. URL: <https://foodtank.com/news/2022/04/global-food-security-during-the-war-in-ukraine/>

⁷² Данкевич В. Глобальний продовольчий фронт: зростання цін і небезпека голоду в країнах Близького Сходу та Північної Африки. *Вокс Україна* : вебсайт. URL: <https://voxukraine.org/globalnyj-prodovolchijj-front-zrostannya-tsin-i-nebezpeka-golodu-v-krayinah-blyzkogo-shodu-ta-pivnichnoyi-afryky/>

сільськогосподарських угідь, посівів та насаджень у розрізі сільськогосподарських культур, лісових насаджень та інших географічних об'єктів. По-друге, акумуляція геопросторових даних незамінна, коли мова йде про збір даних, які неможливо акумулювати із інших джерел. Особливо це важливо під час військових дій, коли зібрати інформацію у межах тимчасово окупованих територій та/або територій, де відбуваються активні бойові дії, неможливо.

Як показав досвід останніх років, після припинення звітування за посівною компанією на рівні районів адміністративних областей України сформувати масив оперативних даних щодо площ посівів/насаджень сільськогосподарських культур практично неможливо. Альтернативним варіантом джерела збору таких даних є обробка супутникових знімків та створення алгоритмів класифікації територій за культурами;

– *дані соціометричних опитувань*. Практика здійснення господарської діяльності в умовах пандемії COVID-19 та воєнного стану показали існування високого рівня ризику того, що суб'єкти господарювання можуть перебувати поза зоною фізичного доступу. Оскільки джерелом частини статистичної інформації можуть бути лише результати соціометричних опитувань, то вкрай важливо знайти та використовувати максимально адаптоване до умов дистанційного опитування програмне забезпечення. Крім того, при виборі програмного забезпечення слід враховувати простоту його застосування та можливості щодо ідентифікації просторової прив'язки до отриманих даних, що дасть можливість вказувати локацію суб'єкта опитування чи будь-якого іншого об'єкта. У рамках впровадженої підсистеми інформаційної підтримки прийняття агрополітичних рішень використовується додаток Survey 123, який застосовано для збору даних про ціни на рівні громад, визначення та/або уточнення площ тощо;

– *дані світових, міжнародних та внутрішніх організацій і установ*.

Задачі, які вирішуються у рамках інформаційної підтримки прийняття агрополітичних рішень, включають:

1) формування середньострокових прогнозів основних показників агропромислового сектору економіки України за поточних умов. Для вирішення цієї задачі із періодичністю 1-2 роки розробляються прогнози балансів та цін агропромислового продукції на наступні 10-30 років, що відображають очікувані тенденції їх зміни. У рамках виконання даної задачі підсистема «Prod-M» виявляє несприятливі тренди, а побудовані прогнози виконують роль індикатора негативних зрушень та сигналізують про необхідність формування нового пакету агрополітичних рішень;

2) прогнозування наслідків кожного окремого політичного рішення. Результати роботи підсистеми «Prod-M» у межах даної задачі мають вигляд прогнозів для кожного виду агропромислової продукції. Якщо цілі відповідного агрополітичного заходу/реформи досягаються, то підсистема визначає рішення потенційно ефективним;

3) оперативне короткострокове прогнозування в умовах турбулентності та крупномасштабних соціально-економічних і політичних зрушень. Прикладами ситуацій, коли мала місце необхідність виконання підсистемою «Prod-M» цієї задачі, є пандемія COVID-19 та вторгнення РФ на територію України. Обидві події мають глобальні наслідки не лише для вітчизняної, але й для світової економіки та продовольчої безпеки.

Алгоритм роботи підсистеми «Prod-M» відображено на рис. 2.36. У системі інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень у сфері забезпечення продовольчої безпеки підсистема «Prod-M» формує замовлення на отримання даних космічного спостереження, які необхідні для збору потрібних даних.

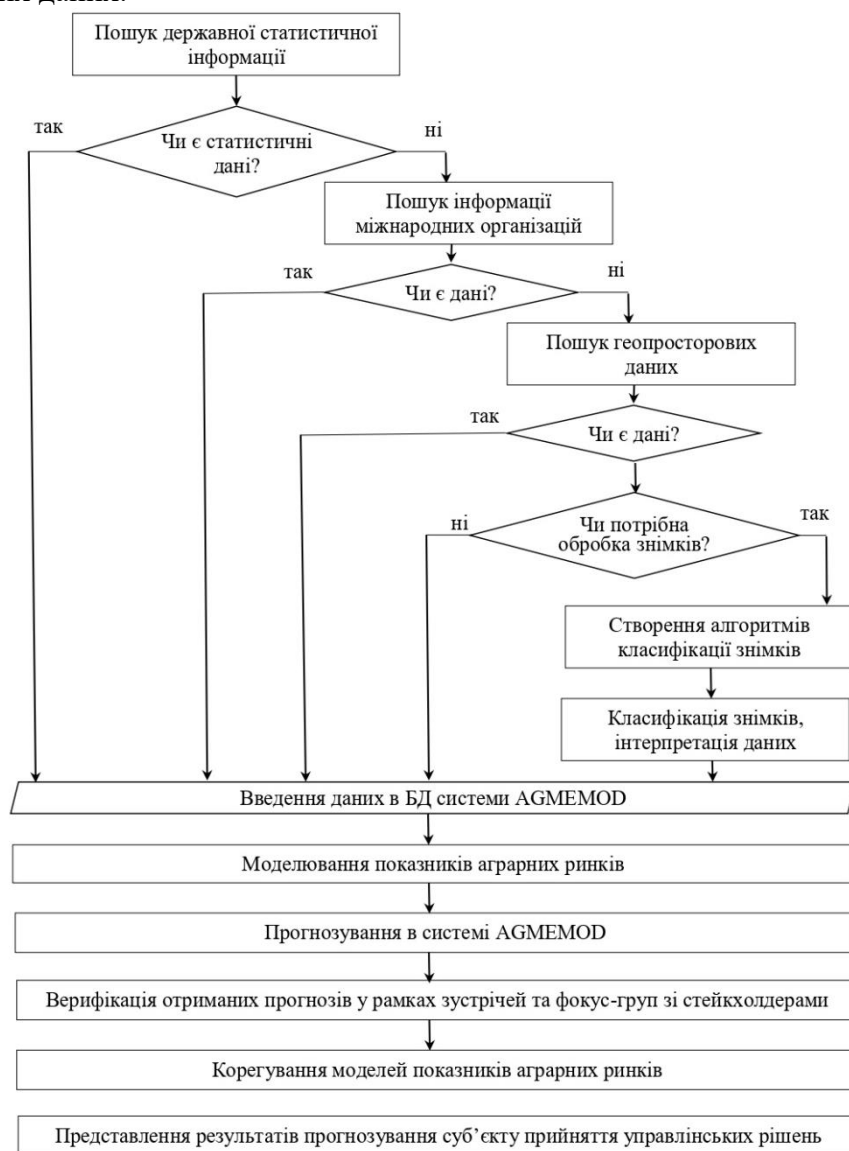


Рис. 2.36. Алгоритм роботи підсистеми «Prod-M»

Підсистема «Регіон» на основі цього запиту проводить аналіз існуючих зображень та формує план технічних заходів, необхідних для отримання космічних знімків територій, зазначених у заявці підсистеми «Prod-M».

Однією із сучасних проблем інформаційної підтримки прийняття агрополітичних рішень в Україні є відсутність уніфікованої методології сценарного прогнозування розвитку аграрного сектору економіки. Здебільшого відповідні рішення приймаються на основі досвіду та інтуїції урядовців. Ключовою проблемою зазначеного є те, що агропромисловий сектор України – це складна відкрита система, компоненти якої тісно взаємодіють один із одним і зміни одного із них можуть призвести до зміни всіх інших. Тому, плануючи певні реформи в окремій галузі сільського господарства, слід усвідомлювати, що вони можуть призвести до суттєвих наслідків у інших галузях (у т. ч. негативних). Це означає, що навіть якщо зміни стосуватимуться лише однієї галузі, прогнози слід розробляти для всіх галузей.

Зазначеним потребам відповідає інформаційна система (платформа) AGMEMOD, яка наразі широко використовується для формування середньострокових прогнозів країн-членів ЄС та їх ключових партнерів, а також для підтримки прийняття агрополітичних рішень ЄС (зокрема, у межах директоратів Європейської Комісії ЄС) та країн-учасників. Щорічно бази даних AGMEMOD та математичні моделі оновлюються відповідно до соціально-економічних і ринкових змін на рівні окремих країн та ЄС у цілому.

В Україні здійснено кілька спроб адаптувати AGMEMOD до національних особливостей й імплементувати її у процес прийняття агрополітичних рішень. Зокрема, у 2016 р. на базі підсистеми «Prod-M» розроблено базовий сценарій розвитку агропромислового сектору економіки України, а також сценарій із врахуванням державної підтримки. Однак, через відтік кваліфікованих кадрів з України, вітчизняний блок AGMEMOD продовжували адмініструвати фахівці з ЄС, недоліком чого є те, що робота з платформою передбачає необхідність володіння не лише навичками технічної роботи з нею та моделювання систем, але й глибоких знань аграрного сектора країни та агропромислових ринків.

Наразі платформу AGMEMOD інтегровано в систему інформаційної підтримки агрополітичних рішень «Prod-M», можливості адаптації якої до особливостей економіки України було підтверджено попереднім досвідом вітчизняних науковців. Програмне забезпечення AGMEMOD розроблено мовою C++. Система отримує дані з БД, яку користувач створює та поновлює у середовищі MS Excel. Далі після запуску AGMEMOD дані передаються до системи GAMS (система моделювання, що передбачає розв'язання задач оптимізації), які після обробки відображаються у програмному інтерфейсі AGMEMOD у вигляді прогнозів. Крім того, платформа формує звіти у вигляді файлів MS Excel. Обробка даних також може здійснюватися скриптами, написаними мовою R.

Критерієм вибору програмного забезпечення, що використовується для моделювання показників агропромислового сектору, обрано його адаптованість до потреб і практичних навичок фахівців, які використовують підсистему «Prod-M». З огляду на те, що користувачами підсистеми є здебільшого фахівці у сфері економетрики, які мають навички роботи у Data Science, базовим програмним забезпеченням, що використовується у процесі моделювання показників агропромислового сектору, обрано програмне середовище R, призначене для статистичних обчислень і обробки статистичних даних.

Перелік апаратних засобів, які підтримують роботу AGMEMOD та забезпечують функціонування підсистеми «Prod-M» відображено у табл. 2.5. Усього облаштовано 4 робочі місця з двома моніторами для кожного.

Таблиця 2.5 – Апаратні засоби підсистеми «Prod-M»

Найменування	Характеристики
Процесор	INTEL Core™ i9 10900
Материнська плата	GIGABYTE B460M DS3H
ОЗУ	DDR4 64GB (4x16GB) 3000 MHz HyperX Fury Black Kingston
Жорсткий диск	3.5" 1TB TOSHIBA
SSD накопичувач	SSD 2.5" 256GB Patriot
Відеокарта	ASUS GeForce GTX1050 Ti 4096Mb CERBERUS Advanced
Монітор	Philips 243V7QDSB

За результатами практичного застосування підсистеми «Prod-M» розроблено базовий сценарій розвитку аграрного сектора економіки України, а також сценарій, який враховував потенційні зміни основних показників аграрних ринків у випадку масового розповсюдження захворюваності на COVID-19 та збереження економічних змін, які мали місце після введення карантинних заходів. У сценарії COVID-19 враховано зміни значень екзогенних змінних, що мали місце після введення карантинних заходів у всьому світі. До екзогенних змінних належать макроекономічні показники (насамперед ВВП країни, дефлятор ВВП та курси національної валюти) та ціни на сільськогосподарську продукцію. У табл. 2.6 представлено відмінності у значеннях екзогенних змінних базового сценарію та сценарію COVID-19.

Сценарій COVID-19 ґрунтувався на припущенні про те, що соціально-економічні наслідки пандемії спостерігатимуться протягом наступних кількох років, однак національна економіка поступово відновлюватиметься і у 2024 р. значення екзогенних змінних нормалізуються до рівня базового

сценарію. Результати прогнозування впливу пандемії на вітчизняне сільське господарство продемонстрували стійкість виробництва та експорту сільськогосподарської продукції у довгостроковій перспективі. Незважаючи на те, що виробництво, торгівля та внутрішнє споживання постраждали в короткостроковій перспективі (в основному через зміни цін на сировинні товари та ВВП), наслідки у середньостроковій та довгостроковій перспективі, тобто у 2025 та 2030 рр., відповідно, були незначними.

Стійкість орієнтованих на експорт галузей сільського господарства (наприклад, виробництво зернових та олійних культур) можна пояснити сприятливим валовим прибутком до та під час пандемії, зумовленим вищими ціна на ці продукти порівняно із базовим сценарієм (рис. 2.37).

Таблиця 2.6 – Екзогенні змінні базового сценарію та сценарію

Таблиця 2.10. Екзогенні змінні базового сценарію та сценарію				
Екзогенні змінні (до 2030 р.)	Значення змінних			Джерела даних
	2020 «Базовий сценарій»	2020 «COVID»	2021 «COVID»	
Макроекономічні показники				
Реальний ВВП, млн грн	265543,38	237980,92	241538,73	USDA, The Worldbank, IMF (припущення щодо динаміки макроекономічних показників на основі прогнозу IMF)
Дефлятор ВВП*	17,0	17,07	18,44	
Курс національної валюти, грн/дол. США	25,73	25,73	25,62	
Реальний ВВП на душу населення, грн	265543,38	5 692,48	5 797,69	
Курс національної валюти, грн/євро	28,44	28,44	28,76	
Ціни на світовому ринку, дол. США/т				
Пшениця	212,6	237,44	216	OECD-FAO AGMEMOD (припущення щодо динаміки світових цін враховуючи зміни I-го півріччя 2020 р.)
Кукурудза	156,1	146,9	155	
Насіння соняшника	379,4	403,0	398	
Соняшникова олія	735,9	761,2	804	
М'ясо ВРХ	108,3	120,0	110	
Свинина	61,9	52,7	59	
М'ясо птиці	68,9	55,9	64	
Кукурудза	156,1	146,9	155	

* Базовий рік 2020 р.

Відсутність вагомих зрушень у галузях, які вже занепали, тобто галузі вирощування великої рогатої худоби та свиней, пояснюється тим, що несприятливі обставини деструктивних тенденцій зумовлені причинами, непов'язаними із пандемією.

Роботу з платформою AGMEMOD у рамках функціонування підсистеми «Prod-M» розпочато у липні 2020 р. Протягом липня 2020 р. – лютого 2021 р. розроблено прогнози аграрних ринків України на 2020-2030 рр., проведено низку зустрічей, воркшопів, конференцій з приводу верифікації та презентування методології моделювання в AGMEMOD та результатів прогнозування. Зокрема, результати прогнозування презентовано на таких заходах:

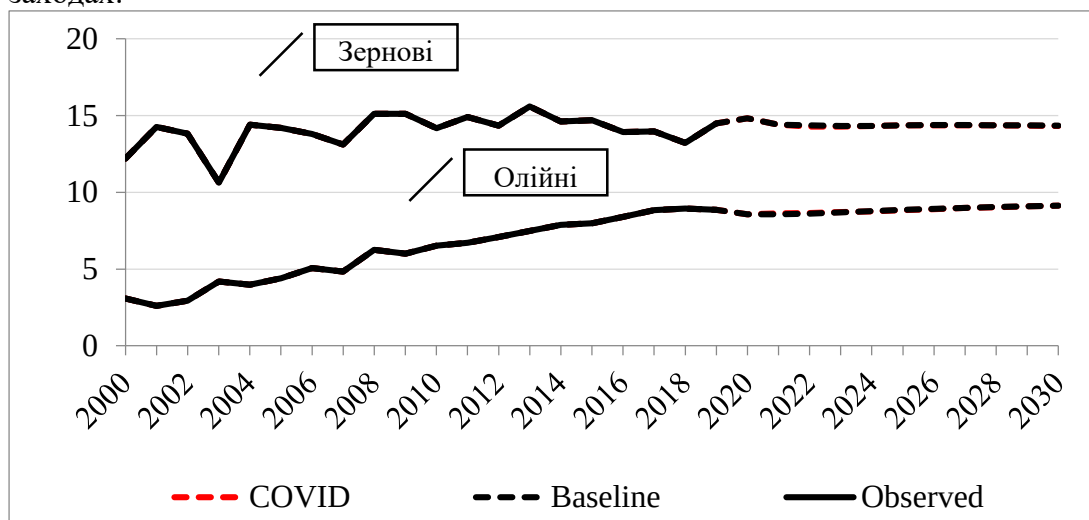


Рис. 2.37. Результати прогнозування обсягів виробництва продукції рослинництва

- Bunker Meeting AGMEMOD, у якому взяли участь члени європейського консорціуму AGMEMOD (вересень 2020 р.). На зустрічі вперше було представлено та обговорено отримані прогнози аграрних ринків України та надано рекомендації щодо корегування деяких моделей;

- робочі зустрічі із представниками Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України, в рамках яких презентовано результати побудованих прогнозів, визначено перспективи використання результатів прогнозування на базі підсистеми «Prod-M» у процесі прийняття управлінських рішень у рамках реформування аграрного сектору, зокрема у галузях тваринництва та садівництва;

- зустріч учасників консорціуму AGMEMOD, де було представлено скореговані прогнози (06.11.2020 р.);

- Workshop for the Agricultural Outlook for Ukraine 2021-2030 (15.12.2020 р.). У воршопі взяли участь понад 50 фахівців у сфері моделювання та прогнозування агропромислового сектору з країн ЄС та США;

– збір представників профільних асоціацій у сфері сільського господарства (01.02.2021 р.), де було представлено розроблені прогнози.

Крім того, у січні 2020 р. Поліський національний університет за участі фахівців, що працюють з підсистемою «Prod-M» увійшли до європейського консорціуму AGMEMOD, який об'єднує провідні наукові інститути та університети ЄС. За результатами роботи Центром спільних досліджень Європейської Комісії ЄС (Joint Research Center of European Commission, EU) опубліковано технічний звіт⁷³.

Після повномасштабного вторгнення РФ перед Україною постало завдання оцінити потенційні впливи військових дій та введення воєнного стану на продовольчу безпеку на регіональному, європейському та світовому рівнях. Ключова проблема полягає у тому, що вагома частина сільськогосподарських угідь країни перебуває під тимчасовою окупацією, а вирощування сільськогосподарських культур на відповідних площах наразі неможливе. Станом на березень-квітень 2022 р. оцінити потенційні втрати урожаю на таких територіях традиційними методами і на основі статистичних даних неможливо. Крім того, на тимчасово окупованих територіях розміщено низку зерносховищ, запаси яких слід визначати як втрати стратегічних запасів продовольства країни.

Враховуючи вищезазначене, поставлено задачу спрогнозувати потенційний обсяг валового збору та експорту стратегічних експортно орієнтованих сільськогосподарських культур в умовах війни. До таких культур, передусім, включено пшеницю, кукурудзу та олійні культури. Основним завданням, яке виконувалось на базі підсистеми «Prod-M» в умовах війни, стало розроблення методики оцінювання площі сільськогосподарських угідь на тимчасово окупованих територіях з метою подальшого прогнозування обсягів виробництва та експорту соняшникової й інших видів олій. Відповідно до розробленої методики визначено, на скільки зменшилась площа посівів у зв'язку із тимчасовою окупацією, військовими діями та післявоєнним станом полів (мінування, знищення посівів, техніки тощо). Алгоритм методики передбачає використання даних супутникового знімання та включає такі етапи:

1. Визначення полігону тимчасово окупованих територій, що здійснено на основі інформації Центру екологічних ініціатив «Екодія»⁷⁴.

2. Розрахунок площі сільськогосподарських угідь на базі геоданих, отриманих у 2019 р. за допомогою космічних апаратів TERRA та AQUA прибором Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Геоінформація представлена у вигляді 17 класифікованих типів поверхні України.

⁷³ Agricultural markets in Ukraine: current situation and market outlook until 2030 / Nykolyuk O., Pyvovar P., Chmil A. et al. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2021. URL: <https://doi.org/10.2760/669345>, JRC126768

⁷⁴ Майже третина Українських полів може бути незасіяними або недоступними. *Екодія* : вебсайт. URL: <https://cutt.ly/HDIsvvn>

3. Вибір з класифікованого зображення ділянки, яка розміщена у межах тимчасово окупованої території України (рис. 2.38).

4. Розрахунок геодезичної площі ділянок, клас яких відповідає сільськогосподарським угіддям (табл. 2.7). У результаті виконання цієї операції в середовищі ArcGIS про визначено, що площа угідь у межах тимчасово окупованих територій станом на 22 березня 2022 р. складала 33 % від площі до початку військових дій, або 12,8 млн га.

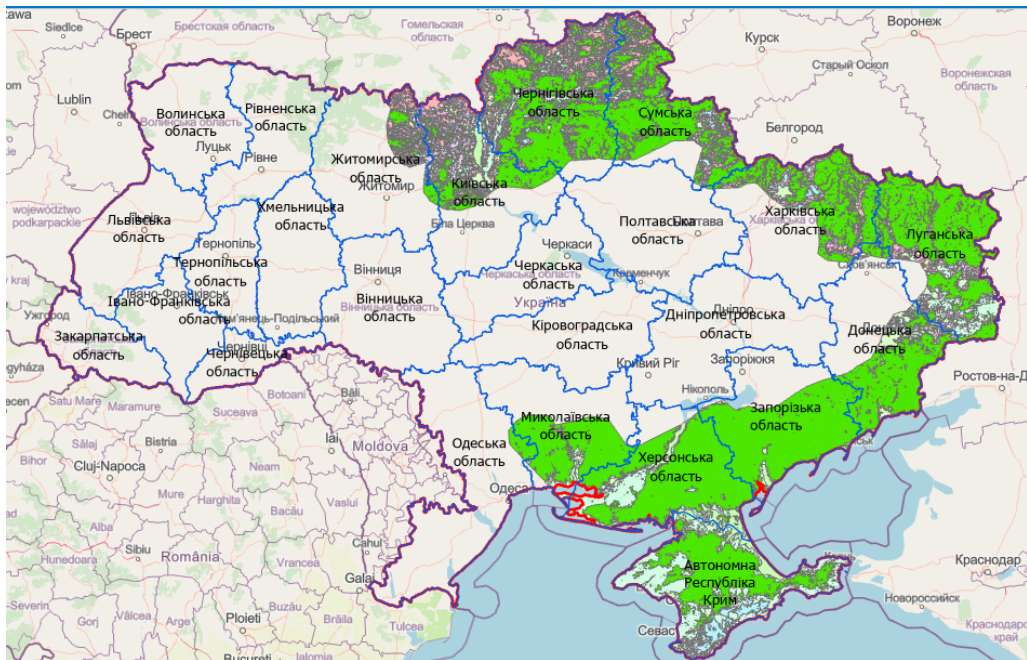


Рис. 2.38. Площа сільськогосподарських угідь під тимчасово окупованими територіями

* Зелений колір – сільськогосподарські землі (культивовані).

Для уточнення наявних обсягів запасів продукції рослинництва (насамперед пшениці, кукурудзи і насіння соняшника) поставлено задачу визначити можливі втрати зерна у зв'язку із тимчасовою окупацією та військовими діями на територіях, де наразі розміщено зерносховища. Для розрахунку таких площ на базі підсистеми «Prod-M», використано геопросторові дані, отримані відповідно до описаного вище алгоритму:

1. Визначення полігону тимчасово окупованих територій⁷⁵ (рис. 2.39). Збір даних про місцезнаходження, характеристики та рівень заповненості зерносховищ.

2. Проведення процедури геолокації отриманих вище даних, з метою визначення географічних координат зерносховищ.

3. Визначення зерносховищ, які розміщено на тимчасово окупованих територіях та розрахунок обсягів запасів, які у них зберігаються (табл. 2.8).

⁷⁵Майже третина Українських полів може бути незасіяними або недоступними. *Екодія* : вебсайт. URL: <https://cutt.ly/HDIsvyn>.

4. Враховуючи ризикованість наближення до лінії фронту побудовано буферну зону в 50 км, на якій зосереджено 17,5% запасів зерна або 3,86 млн т.

Таблиця 2.7 – Частка тимчасово окупованих територій України

Класи поверхні України	Площа, тис. га	Тимчасово окуповані території	%
Вічнозелені ліси голки	716	256	36
Листяні хвойні ліси	2	0	23
Листяні широколистяні ліси	2684	448	17
Змішані ліси	2668	727	27
Закриті чагарники	0.04	0.02	60
Відкриті чагарники	0.16	0.16	100
Деревні чагарники	2395	814	34
Рідколісся	3882	1534	40
Пасовища	4730	2793	59
Постійні водно-болотні угіддя	255	84	33
Сільськогосподарські землі (культивовані)	39056	12749	33
Міські та забудовані землі	1093	420	38
Посівні ділянки / Природні рослинні мозаїки	1435	351	24
Безплідні землі	17	14	81
Водні об'єкти	1168	486	42
Всього	60101	20677	34

Розроблена методика передбачає використання космічних знімків підсистеми «Регіон» із подальшою їх обробкою.

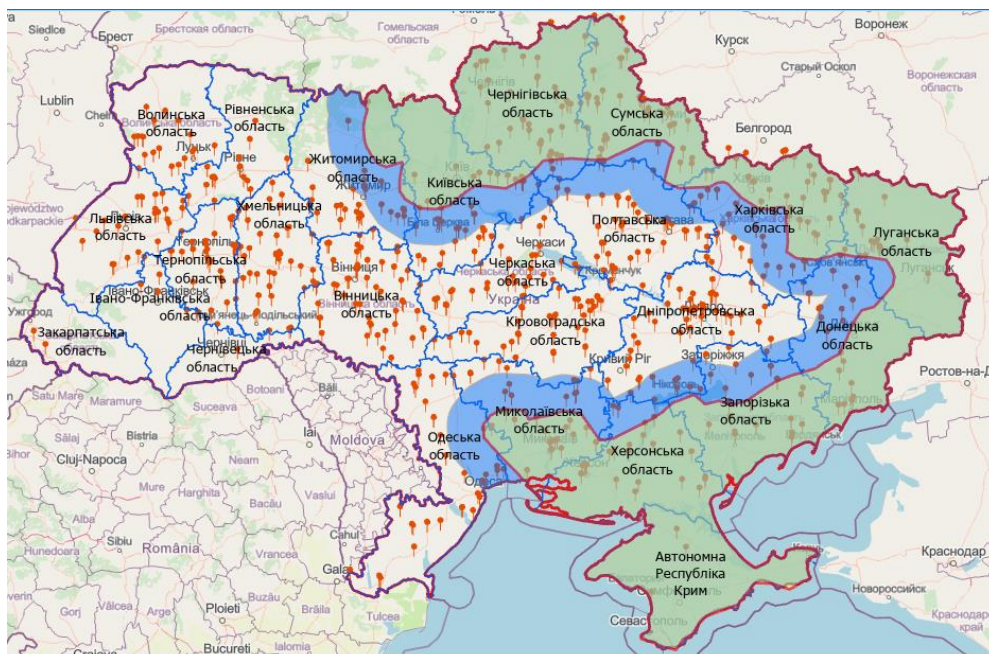


Рис. 2.39. Зерносховища України, розміщені на тимчасово окупованих територіях

* Сірий колір – тимчасово окуповані території, синій колір – буферна зона 50 км.

Таблиця 2.8 – Частка запасів продукції в зерносховищах України, які знаходяться на тимчасово окупованих територіях

Показник	тис. тон	%
Тимчасово окупована територія	5140	23.29
Буфер 50 км	3859	17.49
Залишок на Україні	13068	59.22
Всього	22068	100.00

На основі її застосування доцільно здійснювати неперервний моніторинг площ сільськогосподарських угідь та запасів стратегічно важливого продовольства відповідно до оперативної обстановки на фронті. У цілому, практичне застосування підсистеми «Prod-M» дає підстави стверджувати, що її функціонал та алгоритми характеризуються високим рівнем адаптивності до непередбачуваних викликів глобальних масштабів та можуть використовуватись для інформаційної підтримки прийняття оперативних рішень щодо формування продовольчої безпеки на глобальному, державному та регіональному рівнях.

РОЗДІЛ 3

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

3.1. Використання космічної інформації в системі інформаційного забезпечення управління природоохоронними територіями

Практиками Євросоюзу та США вже давно передбачається використання ГІС усервер бази веденні природоохоронної діяльності^{76,77,78,79}. Обов'язковим є використання ГІС при розробці проектів та створенні нових об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ), що зазначається у проекті постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних»⁸⁰. Значну підтримку у прийнятті рішень при визначенні меж нових об'єктів, завершенні землевідводів, створенні попереднього функціонального зонування території та іншому територіальному аналізі забезпечують геоінформаційні системи. Однак, системи геоінформаційного забезпечення проектування, створення та подальшої діяльності природоохоронних територій потребують систематизації підходів та методик⁸¹.

У 2019 році фахівцями Поліського національного університету відпрацьовано механізм забезпечення усіх вищезазначених пріоритетних напрямів діяльності та управління природоохоронними територіями на прикладі Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника (Договір про надання послуг «Створення геоінформаційної системи Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника» №118/19 від 04 грудня 2019 року, Договір про надання послуг «Підготовка фахівців Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника до роботи з геоінформаційними системами» №134/19 від 13 грудня 2019 року, Договір про співробітництва від 30 вересня 2020 року). Так, було розроблено Стратегію імплементації ГІС технологій у наукову та виробничу

⁷⁶ Remote sensing for mapping natural habitats and their conservation status—New opportunities and challenges / Corbane C., Lang S., Pipkins K. et al. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2015. Vol. 37. P. 7–16.

⁷⁷ Oláhová J., Vojtek M., Boltižiar M. Application of geoinformation technologies for the assessment of landscape structure using landscape-ecological indexes (case study of the Handlová landslide). *Tájökológiai Lapok*. 2013. Vol. 11, № 2. P. 351–366.

⁷⁸ Prospects and main aspects of the GIS-technologies application for monitoring of biodiversity (on the example of the Chornobyl Radiation-Ecological Biosphere Reserve) / Fedonyuk T. P., Galushchenko O. M., Melnichuk T. V. et al. *Space Science and Technolog.* 2020. Vol. 26, № 6. P. 075–093. URL: <https://doi.org/10.15407/knit2020.06.075>

⁷⁹ Стратегія імплементації ГІС-технологій у виробничу діяльність Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника / О. В. Скидан, Т. П. Федонюк, О. В. Жуков та ін. Новоград Волинський : Наумович Р. А., 2019. 48 с.

⁸⁰ Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних : постанова Кабінету Міністрів України від 26 трав. 2021 р. № 532. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text>

⁸¹ Геопортал Геологічної служби США (United States Geological Survey). URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>

діяльність Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, в рамках якої передбачалося удосконалення системи моніторингу довкілля Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, яка функціонуватиме як інтегрована система, що здійснюватиме збирання, обробку та збереження інформації для відомчої і комплексної оцінки, прогнозу, стану природного середовища, умов життєдіяльності, створення обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних соціальних та екологічних рішень на різних рівнях, удосконалення відповідних нормативно-правових актів, виконання зобов'язань України у імплементації вимог та положень міжнародних природоохоронних угод. В результаті було обґрунтовано концептуальну модель застосування ГІС технологій у діяльності об'єктів природо-заповідного фонду.

Використання ГІС об'єктами природно-заповідного фонду відіграє важливу роль в упорядкуванні інформації у наукових дослідженнях та визначенні екологічного стану природоохоронних територій. Їх використання необхідне для вирішення проблем управління якістю навколишнього середовища. ГІС є потужним інструментом для автоматизації процесу моніторингу довкілля. ГІС відкривають нові перспективи для переходу наукових досліджень на новий рівень⁸², коли будуть поєднані модельні зображення території (цифрові відображення карт, схем, космічних та аерозображень)^{83,84} з інформаційними базами даних (наприклад, дані щодо біорізноманіття, ґрунтових умов, гідрологічної мережі щільності забруднення радіонуклідами, пожежонебезпечність лісів, порушення ґрунтового покриву військовими діями тощо)⁸⁵. Карти земного покриву відіграють важливу роль для осмислення динаміки екосистем та розв'язання багатьох задач моніторингу стану природних ресурсів та змін його компонентів^{86,87}.

Нині геоінформаційні системи і технології широко впроваджуються та застосовуються у природоохоронній діяльності, вони значно змінюють можливості та характер наукової та дослідницької роботи, а також впливають на процеси прийняття виважених рішень в управлінні об'єктами ПЗФ. Ефективність ГІС-технологій визначається вже під час проектування та

⁸² Agroecological and agroecological aspects of the grain and grain legumes (pulses) yield dynamic within the Dnipropetrovsk region (period 1966–2016) / Zhukov O. V., Pelina T. O., Demchuk O. M. et al. *Biosystems Diversity*. 2018. Vol. 26, № 2. P. 170–176. URL: <https://doi.org/10.15421/011826>

⁸³ Landscape pattern metrics and regional assessment / O'Neill R. V., Riitters K. H., Wickham J. D., Jones K. B. *Ecosystem health*. 1999. Vol. 5, № 4. P. 225–233.

⁸⁴ Zhukov A. V., Sirovatko V. O., Ponomarenko N. O. Spatial dynamic of the agriculture fields towards their shape and size. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 7, № 3. P. 14–31. URL: <https://doi.org/10.15421/201745>

⁸⁵ Movchan D. M. Estimation of Ukrainian forest cover (Western Polissia) using remote sensing data. *Space Science and Technology*. 2013. Vol. 19, № 4. P. 29–43.

⁸⁶ Retrospective regional level land cover map for Ukraine: methodology of development and results analysis / Kussul N., Shelestov A., Skakun S. et al. *Space Science and Technology*. 2015. Vol. 21, № 3. P. 31–39.

⁸⁷ The spatio-temporal trend of rapeseed yields in Ukraine as a marker of agro-economic factors influence / Zymarioieva A., Zhukov O., Fedonyuk T., Pinkina T. *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18, Special Issue 2. P. 1584–1596. URL: <https://doi.org/10.15159/AR.20.119>

обґрунтування актуальності й необхідності створення нових об'єктів ПЗФ, проведення зонування територій об'єктів заповідання. ГІС-технології дозволяють розв'язати низку проблем, які виникають під час моніторингу навколишнього середовища, раціональному використанні природних ресурсів, еколого-просвітницькій та виховній діяльності, формуванні баз даних, їх просторовому аналізу, а також під час організації екологічного, наукового та зеленого туризму в межах об'єктів природоохоронного значення^{88,89}.

Методологічною основою наукової-технічної розробки була сукупність методик, прийомів і принципів наукового аналізу, публікації вітчизняних і зарубіжних дослідників з питань впровадження геоінформаційних технологій в організаціях різних форм власності. З метою створення ГІС використовувалися наступні методи:

- логічний аналіз (при визначенні сфер, де є необхідність впровадження ГІС);
- геоінформаційний аналіз (для визначення взаємозв'язків між зібраною інформацією на просторовому рівні);
- статистичний аналіз (при обрахунку системності появи подій та явищ на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника);
- методи обробки результатів ДЗЗ (для збору інформації про стан та розвиток природних ландшафтів, місця виникнення та динаміку поширення пожеж, тощо)

Розробка геоінформаційної бази даних проводилась в програмному комплексі ArcGis. Створення геопорталу було на серверному ресурсі ArcGis Online за допомогою програмних модулів Web Mapping Application. Для вирішення завдань застосування ГІС для безпеки ландшафтів із застосуванням даних ДЗЗ використані матеріали з набору інструментів Operational Land Imager (OLI) та Thermal Infrared Sensor (TIRS) (табл. 3.1), установлених на супутнику Landsat 8 (Geological Survey (U.S.)).

Продукти обробки супутникової інформації, використані в даному дослідженні, розміщені на геопорталі геологічної служби США (United States Geological Survey)⁹⁰, у системі пожежної інформації для управління ресурсами (FIRMS)⁹¹. Такий метод вже використовувався у праці Zhukov et al. (2016), коли було використано саме такий метод обробки даних при

⁸⁸ Impact of air born technogenic pollution on agricultural soils depending on prevailing winds in polissya region (NW ukraine) / Fedoniuk R. H., Fedoniuk T. P., Zimarioieva A. A. et al. *Ecological Questions*. 2020. Vol. 31, № 1. P. 69–85. URL: <https://doi.org/10.12775/EQ.2020.007>

⁸⁹ Застосування ГІС та методів дистанційного зондування Землі для оцінки стану біорізноманіття водно-болотних угідь міжнародного значення / Горбань І. М., Кошовий В. В., Альохіна О. В., Курсіш І. Й. *Екологія водно-болотних угідь і торфовищ*. Київ : ДІА, 2013. С. 48.

⁹⁰ Геопортал Геологічної служби США. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>

⁹¹ Fire Information for Resource Management System. URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>

визначенні електричної провідності ґрунту в природному заповіднику «Дніпровсько Орільський», який показав значну свою інформативність⁹².

Таблиця 3.1 – Основні характеристики спектральних діапазонів сенсорів OLI та TIRS, які встановлені на супутнику дистанційного зондування Землі Landsat-8 та сенсорі MSI супутнику Sentinel-2

Спектральний канал	Довжина хвилі, мкм	Роздільна здатність, м	Спектральний канал	Довжина хвилі, мкм	Роздільна здатність, м
Landsat-8			Sentinel-2		
Operational Land Imager (OLI)			MultiSpectral Instrument (MSI)		
Band 1 (узбережжя та аерозолі, coastal /aerosol)	0.43–0.45	30	B1 (blue)	0.43–0.45	60
Band 2 (синій, blue)	0.45–0.52	30	B2 (blue)	0.46–0.52	10
Band 3 (зелений, green)	0.52–0.60	30	B3 (green)	0.54–0.58	10
Band 4 (червоний, red)	0.63–0.68	30	B4 (red)	0.65–0.68	10
			B5 (red edge)	0.70–0.71	20
			B6 (red edge)	0.73–0.75	20
			B7 (red edge)	0.77–0.79	20
			B8 (NIR)	0.78–0.90	10
Band 5 (ближній інфрачервоний, NIR)	0.84–0.87	30	B8a (NIR)	0.86–0.88	20
			B9 (water vapor)	0.93–0.95	60
Band 6 (ближній інфрачервоний, SWIR1)	1.56–1.66	30	B11 (SWIR1)	1.57–1.66	20
Band 7 (ближній інфрачервоний, SWIR2)	2.10–2.30	30	B12 (SWIR2)	2.10–2.28	20
Band 8 (панхроматичний, PAN)	0.50 – 0.68	15			
Band 9 (перисті хмари, cirrus)	1.36–1.38	30	B10 (cirrus)	1.37–1.39	60
Thermal Infrared Sensor (TIRS)					
10 (дальній інфрачервоний, TIR1)	10.3–11.3	100			
11 (дальній інфрачервоний, TIR2)	11.5–12.5	100			

Для моніторингу безпеки ландшафтів застосовані наступні індекси, які є похідними від спектральних каналів сенсорів, які встановлені на супутниках Landsat-8 або Sentinel-2 (ratio of spectral bands)⁹³. У цілому, роздільна здатність спектральних каналів Sentinel-2 вища, ніж у Landsat-8. Але слід

⁹² Spatial variability of soils electrical conductivity within arena of the river Dnepr valley (territory of the natural reserve «Dniprovsko-orilsky») / Zhukov O. V., Kunah O. M., Taran V. O., Lebedinska M. M. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*. 2016. Vol. 6, № 2. P. 129–157.

⁹³ Kunah O. M., Papka O. S. Ecogeographical determinants of the ecological niche of the common milkweed (*Asclepias syriaca*) on the basis of indices of remote sensing of land images. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*. 2016. Vol. 24, № 1. P. 78–86. URL: <https://doi.org/10.15421/011609>

відзначити, що супутник Sentinel-2 працює на орбіті з 23 червня 2015 р. Тому якщо потрібно одержати ретроспективну інформацію про екосистеми, є можливість користуватися інформацією з супутника Landsat-8 (або більш ранніх супутників серії Landsat). Для поточного моніторингу перевагу має інформація з супутника Sentinel-2. Крім того, комбінуючи інформацію з обох джерел можна одержати дані з більшою часовою роздільною здатністю, або є можливість одержати сцени без високого рівня хмарності.

Для Sentinel-2:

$$STI = B11/B12.$$

Нормалізований диференціальний індекс ріллі (*Normalized Difference Tillage Index* – *NDTI*)⁹⁴, він же Індекс рослинності, урахує варіювання біомаси та особливості типів рослинності (*Vegetation Index* – *VI*)⁹⁵ (вірний для обох супутників, *STI* розраховується за формулою для відповідного супутника):

$$NDTI = \frac{STI - 1}{STI + 1}.$$

1. Нормалізований різницевий індекс рослинності (*Normalized Difference Vegetation Index* – *NDVI*) [16] для Landsat-8:

$$NDVI = (B5 - B4)/(B5 + B4).$$

Для Sentinel-2:

$$NDVI = (B8 - B4)/(B8 + B4)$$

2. Модифікований нормалізований різницевий водний індекс – чутливий до вмісту води в зеленій біомасі (*Modified Normalized Difference Water index* – *MNDW*) [31] для Landsat-8:

$$MNDW = (B3 - B6)/(B3 + B6).$$

Для Sentinel-2:

$$MNDW = (B3 - B11)/(B3 + B11).$$

3. Індекс вологості поверхні Землі (*Land Surface Water Index, Normalized Difference Infrared Index* – *LSWI*) [13] для Landsat-8:

$$LSWI = (B5 - B6)/(B5 + B6).$$

Для Sentinel-2:

$$LSWI = (B8a - B11)/(B8a + B11).$$

4. Нормалізоване відношення пожеж (*Normalized Burn Ratio* – *NBR*) [14] для Landsat-8:

$$NBR = (B5 - B7)/(B5 + B7).$$

Залежно від науково-практичних завдань можемо досліджувати часові ряди даних на основі одного з індексів, який нас цікавить. Аналіз часової динаміки нормалізованого індексу пожеж може бути основою для встановлення площ екосистем, які зазнали впливу пірогенного фактору та здійснювати моніторинг динаміки відновлення екосистем після пожеж.

⁹⁴ Using Thematic Mapper data to identify contrasting soil plains and tillage practices / Van Deventer A. P., Ward A. D., Gowda P. H., Lyon J. G. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 1997. Vol. 63. P. 87–93.

⁹⁵ Jensen J. R. *Introductory Digital Image Processing*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1986.

Особливе значення має багатовимірний статистичний аналіз комплексу індексів на одну дату. Наприклад, аналіз головних компонент сукупності представлених індексів на дату, яка відповідає найбільшій вегетаційній активності рослинного покриву, надасть відомості про різноманіття оселищ та про стан біотичного потенціалу. У кінцевому рахунку, тензорний аналіз динаміки сукупності індексів у часі є інструментом пізнання комплексної динаміки еколого-ландшафтних систем.

Усвідомлюючи потребу уніфікації власної інфраструктури просторових даних, Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник ініціював розробку Інфраструктури просторової інформації. Цілі даної ініціативи – зробити геопросторові дані більш доступними для їх широкого використання за допомогою вироблення стратегії та тактики їх формування, підтримки та візуалізації для широко загалу стейкхолдерів.

Керуючись тим, що не так давно Європейський парламент і Європейська Рада офіційно прийняли Директиву за програмою INSPIRE. В наступні два роки держави-члени Євросоюзу повинні прийняти закони, регулюючи активні та адміністративні положення, необхідні для реалізації даної директиви. Для цієї перехідної стадії після цього з'являється представлення положень директив на всій території Євросоюзу.

Дана Стратегія окреслює основні кроки у імплементації основних положень європейської Програми INSPIRE щодо підтримки комплексної європейської інфраструктури областей даних, побудованих на базі просторових даних держав-членів Євросоюзу та інших держав, залучених до системи «opendata».

Використання відкритих технологій та інтеграція існуючих сервісів інфраструктури просторових даних ІПД, поряд зі створенням нових сервісів, дозволяє залучати учасників програми широко обмінюватися інформацією. На кожному відповідному рівні створюються власні інфраструктури, стейкхолдерами яких є керуючі організації, плануючі органи та менеджери, а також приватні організації та власне громадяни України.

У Чорнобильському радіаційно-екологічному біосферному заповіднику вже накопичилися великі обсяги даних, а їх сумісність і спільне використання далеко не завжди відповідає потребам сучасності, що фактично знижує цінність накопичених даних, призводить до періодичного дублювання і неупорядкованості ізольованих один від одного масивів просторових даних. Наразі метою процесу приєднання до системи «opendata» – це поєднання усіх наявних просторових даних у єдину узгоджену інфраструктуру, базу інформації та знань.

Імплементація пан-європейських директив в межах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника та приєднання до системи «opendata» нині одне із стратегічних завдань діяльності. Це передбачає кропітку роботу, що включатиме такі види робіт як, розробка метаданих, підготовка даних, мережевих сервісів, обмін даними та сервісами, а також моніторинг даних та підготовка кадрів. На світовому рівні загальне

керівництво цими процесами здійснює підрозділ інфраструктурних даних Об'єднаного дослідницького центру (JRC) Єврокомісії, що забезпечує технічну та наукову підтримку реалізації програми INSPIRE.

Компанія ESRI підписала з дослідницьким центром JRC, угоду про співробітництво у підтримці та розвитку Ініціатив INSPIRE. Загальна мета цієї угоди в тому, щоб сприяти більш ефективному розумінню і вирішенню проблем в області формування інфраструктури просторових даних і можливостей взаємодії у сфері обміну геопросторовими даними.

Для полегшення створення інфраструктури просторових даних компанія ESRI представила Інструментарій GIS-порталу (GIS Portal Toolkit), засновану на стандартних технологіях та рішеннях щодо впровадження сервісів. Проведення таких заходів на базі серверного ПЗ ArcGIS Server надає комфортний інструментарій для геопорталів організацій та його швидкого використання, а також забезпечує доступ до повного комплексу інструментарію та шаблонів, необхідних для реалізації механізму, заснованого на Web, а також для розміщення та пошуку просторових даних, які створюються та розповсюджуються різними учасниками проектів або організаціями.

Ефективне управління якістю довкілля у всі часи тісно пов'язувалося з потребами ґрунтового аналізу просторово-розподілених даних, які раніше відображалися раніше у вигляді окремих карт, а їх обробка і аналіз потребували багато зусиль та були доволі розтягнутими у часі. Наразі програмні ресурси сучасності створили можливості для створення багат шарових систем та зробило процес збору, обробки та аналізу багаточисельних даних простим, швидким у часі та продуктивним процесом.

Багатоманіття інструментарію сьогодення, які надають програмні продукти для створення геоінформаційних систем, настільки різноманітні та різнонаправлені, що наразі не існує чіткого формулювання визначення, що ж таке «геоінфоормаційна система»? У площині природоохоронної діяльності найбільш вдалим є таке: геоінформаційна система – це апаратні, програмні та інформаційні засоби для забезпечення та оптимізації процесів збору, зберігання, обробки, аналізу та відображення просторово-координованих даних.

Створення просторових баз даних направлене на вирішення низки взаємопов'язаних завдань, основними серед яких є: визначення ГІС-інструментарію для формування та використання таких баз, архітектури цього процесу та власне структури ПБД. Сучасні геоінформаційні системи забезпечують суттєво глибший підхід до вирішенні інтегрованих задач, особливо у екологічній площині.

Процес управління навколишнім середовищем являє собою просторову задачу. Складність її в тому, що її можна розглядати з двох ракурсів, а саме прив'язка до конкретних координат, а також кількісні та якісні показники критеріїв якості довкілля. Обробка та аналіз даних щодо якості навколишнього середовища дедалі більше знаходять кількісний вираз та

спираються на комплексні математичні підходи. Інтерпретація даних щодо якості навколишнього середовища у числові вирази створює умови для більш широкого діапазону маніпуляцій з ними та побудови надскладних просторових моделей та прогнозів щодо розвитку екологічних систем.

Управління навколишнім середовищем, за своєю суттю, це просторова задача, оскільки вихідна інформація представлена у двох аспектах, а саме: географічна прив'язка та відповідний фізичний сенс характеристик якості довкілля. Протягом багатьох років проводились дослідження, спрямовані на формування матеріалу, який поєднував просторові і тематичні показники різних територій та накопиченню цієї інформації на паперових носіях.

Сьогодні ці первісні ознаки карти перетворилися із пошукових посібників з фізичного простору на інструменти управління для вивчення просторових відносин. Ця перспектива знаменує собою новий поворотний момент у використанні карт, передуючи зміни у парадигмі в області екологічного планування та менеджменті від простого фізичного опису географічного простору до інтерпретації відображених даних, а також передачі факторів задля детального просторового аналізу. Також трансформувалась ціль, для якої використовуються карти. На сьогоднішній день системи картографування забезпечують значно глибший підхід до вирішення складних проблем, зокрема екологічного характеру. Розуміння еволюційних етапів нової технології, її поточного вираження і ймовірні тенденції мають вкрай важливе значення для сьогоднішньої екологічної політики і управління якістю довкілля.

В силу поступового розвитку технології, акцент змістився з описової системи запитів до існуючих баз даних у бік аналізу і перетворення даних.

Здебільшого, найперші етапи формування ГІС було зосереджено на автоматизації традиційних методів картування. Якщо раніше користувач повинен був повторно накласти кілька карт на світлому столі, аналогічна процедура була розроблена також в рамках ГІС. Результатом цих зусиль стала функціональність ГІС, що імітувала «ручні» процедури в повсякденній діяльності користувача. Цінністю таких систем є економія, яку забезпечила автоматизація операцій, що повторюються.

На наступних етапах поступово було розроблено програмні інструменти, що дозволяли зручно застосовувати комплексні алгоритми обробки просторово розподіленої інформації, якою є, наприклад, просторова статистика. Її алгоритми надають значний набір інструментів для пояснення просторової неоднорідності показників якості навколишнього середовища у географічному просторі. Формалізація просторової інформації надала можливість описати картографічний матеріал за допомогою традиційних математичних термінів, де кожна карта – «змінна», кожне місце – «випадок», кожне значення карти є «вимір». Це забезпечило узгоджену просторову реєстрацію чисел. Застосування таких понять, як просторова кореляція, статистичні фільтри, невизначеність карти і поширення помилок чекають їх перекладу з інших областей.

Як результат, обробка інформації стосовно якості навколишнього середовища все частіше стає більш кількісною та спирається на комплексні математичні підходи. Цифрова природа маніпуляцій з даними у цих системах забезпечує широкий спектр нових операцій аналізу і безпрецедентну можливість просторового моделювання складних екологічних систем. ГІС все більше ґрунтуються на когнітивній основі, а також на просторових базах даних і аналітичних операціях. Цей новий погляд витискає ГІС за межі відображення даних, управління і моделювання, просторового мислення та діалогу, що, у певному сенсі, надає ГІС постійно розширювати аналітичний інструментарій для вирішення все більш комплексних завдань. Ці можливості мають безпосереднє значення для кінцевого користувача та свідчать про розширення сфери застосування ГІС, яка виходить за рамки надання графічної інтерпретації інформації, отриманої завдяки просторового аналізу.

ГІС спроможна до розширення можливостей нових інструментів вирішення задач, оскільки відображення, управління і моделювання просторових даних є необхідною, але не достатньою умовою для ефективних рішень.

Отже, геоінформаційні технології для природоохоронної діяльності – це потужний інструмент для створення і підтримки систем ефективного прийняття рішень, спрямованих на оптимізацію управління якістю навколишнього середовища.

Процес створення просторових баз даних передбачає низку послідовних процесів, серед яких доцільно підкреслити такі: визначення ГІС-інструментів для формування та використання майбутніх просторових баз, послідовності усіх маніпуляцій з даними та власне структури майбутньої бази даних.

Враховуючи загальні підходи до формування геоінформаційних систем та їх просторових баз даних, суті задач, що ставляться до природоохоронних територій, а також управлінських потреб, просторові бази даних Чорнобильського біосферного радіаційно-екологічного заповідника слід створювати спираючись на об'єктно-реляційні моделі даних та їхньої взаємодії. Саме тому, оптимальним рішенням для реалізації оставлених завдань та їх успішного виконання є використання ГІС-інструментарію ArcGis компанії ESRI, як ключ до отримання переваг від просторових даних. Це повнофункціональний професійний інструментарій, який надає користувачам великі функціональні можливості щодо збору та управління даними, створення професійних карт, виконання простого та розширеного просторового аналізу та вирішення проблем у режимі реального часу. Окрім цього інструментарій володіє зручним, функціональним та зрозумілим інтерфейсом користувача, високим ступенем стійкості, розвинутими засобами експорту та імпорту атрибутивних і позиційних даних у найбільш розповсюджених форматах (mid/mif, *.shp, *.dxf, *.xls, *.tab і ін.) тощо, що дає змогу вирішувати широкий спектр завдань у різних сферах діяльності.

Одним із етапів впровадження ГІС в заповіднику було створення геопорталу на основі сформованої бази картографічних матеріалів, які були

отримані від різних установ. Також була здійснена уніфікація форматів геопросторових даних у стандартні шейп-файли. Створення геоportалу проводилось на серверному ресурсі ArcGIS Online за допомогою програмного модуля Web Mapping Application та налаштування стандартних інструментів аналізу та обробки геопросторової інформації.

В класичному варіанті ГІС реалізована на веб-платформі для представлення карт у вигляді шарів даних, які можна вивчати і використовувати для виконання аналізу. За результатами роботи на веб-порталі було опубліковано 35 тематичних шарів (рис. 3.1).

Вони надають інформацію про межі заповідника, адміністративну інфраструктуру, функціональне зонування, ґрунтовий покрив, ландшафти, дані щодо ймовірності виникнення великих пожеж; мережу протипожежних розривів, дані щодо поширення та площ пожеж за квітень-травень 2020 року; дані про лісові насадження, лісництва з номерами кварталів, флору та фауну.

Для аналізу інформації вбудований стандартний набір інструментів, а також можливість формування та друку (або збереження) власних карт. Процес створення просторових баз даних передбачав низку послідовних процесів, серед яких доцільно підкреслити такі: визначення ГІС-інструментів для формування та використання майбутніх просторових баз, послідовності усіх маніпуляцій з даними та власне структури майбутньої бази даних.

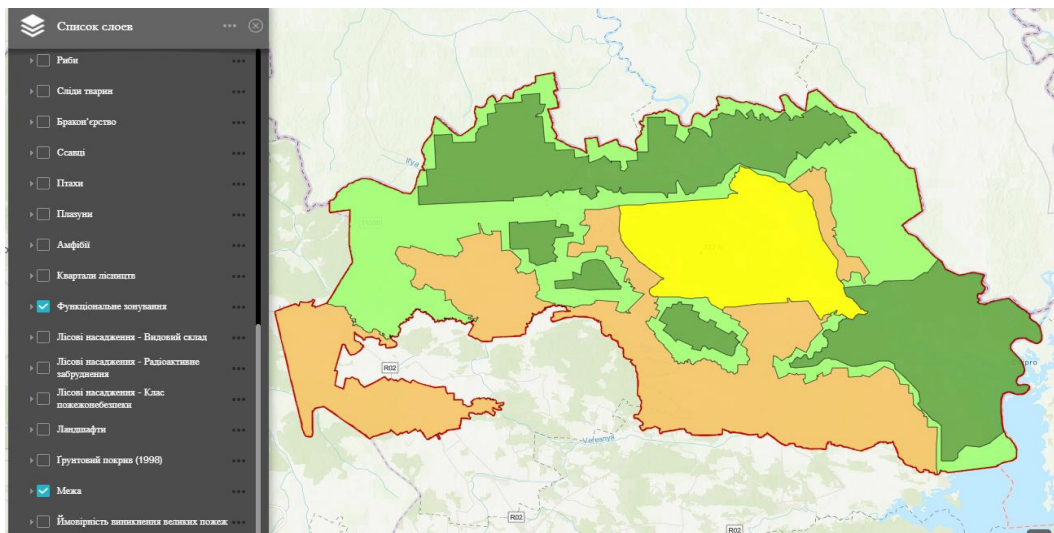


Рис. 3.1. Геопортал Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника

Функціональність елементів просторових баз даних Чорнобильського біосферного радіаційно-екологічного заповідника ґрунтується на взаємодії усіх компонентів баз даних та інструментарію щодо управління ними. «Тіло геоportалу» Чорнобильського біосферного радіаційно-екологічного заповідника спрямоване на використання просторових баз даних у інформаційній мережі, містить категорійну та атрибутивну просторову

інформацію, блок обробки даних, а також інтерфейси розробників та користувачів.

Категорійна складова баз даних повинна складатися із опорних цифрових карт, які окреслюють загальну просторову інформацію у вигляді растрових топографічних карт території заповідника та карт зонування природоохоронної території. Додаткові тематичні шари до загальної просторової бази даних або оцифровані з допоміжних карт, або сформовані на основі відомостей щодо місцезнаходження та властивостей відповідних об'єктів⁹⁶ (рис. 3.2).

Атрибутивна складова просторових баз даних Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника містить сукупність кількісних і якісних параметрів об'єктів досліджень у вигляді логічно скомпонованих показників, поєднаних з позиційною інформацією. При формуванні ГІС для вирішення проблем екологічного та природоохоронного характеру застосовується комплексний підхід до територіальної оцінки стану навколишнього середовища та динаміки екологічних процесів.

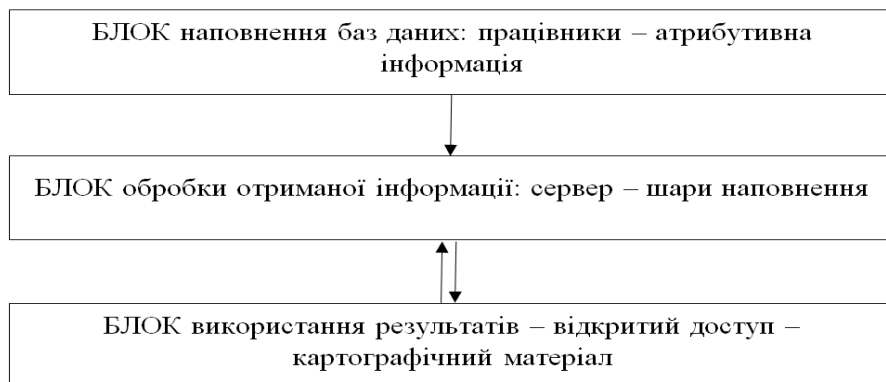


Рис. 3.2 – Структурна схема створення та використання компонентів просторових баз даних Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника

Такий підхід ґрунтується на використанні екологічного зонування території заповідника. Ідея цього підходу полягає в оцінці тенденції змін стану навколишнього середовища заповідника через аналіз змін розмірів екологічних зон. За визначенням екологічна зона – це частина території, на якій індекси стану навколишнього середовища знаходяться у певних однорідних межах.

Важливими елементами, що пов'язані з оцінкою стану довкілля за допомогою екологічних зон, є:

1) створення цифрової моделі, що враховує стан повітря, водних об'єктів, ґрунтового покриву та біотопу;

⁹⁶ Пласкальний В. В. Створення та використання елементів просторових баз даних Чорноморський біосферний заповідник. *Географія та туризм*. 2012. Вип. 18. С. 316–322.

2) розробка комплексного показника стану навколишнього середовища у межах екологічної зони, який може бути розрахований для довільного числа параметрів стану навколишнього середовища. На їх основі будуть визначатися екологічні зони;

3) створення ГІС для оцінки і аналізу екологічного стану територій, що досліджуються.

Можна виокремити дві різні сфери застосування геоінформаційних систем і технологій при забезпеченні діяльності об'єктів ПЗФ;

- 1) при плануванні та функціонуванні природоохоронних територій;
- 2) для інформаційної підтримки функціонування об'єкту природоохоронного фонду.

Щодо першої сфери, то в Україні існує чітко визначена база законодавчих критеріїв Закон України «Про природно-заповідний фонд України». (1992). Станом на 01.01.1992 р.. Відом. Верховної Ради України, 34, 502; Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України № 245 «Про затвердження Положення про проект організації території національного природного парку, охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об'єктів» Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 29 липня 2005 р), передбачено використання геоінформаційних технологій для виготовлення якісних картографічних матеріалів. Ці матеріали необхідні для планування заповідних територій, визначення їх меж, обґрунтування землевідведення та інших подібних заходів.

Ефективне ведення всієї діяльності та управління природоохоронними територіями має бути підтримане використанням геоінформаційних технологій. На них покладено наступні основні обов'язки:

- підтримання в природному стані найбільш характерних природних комплексів біосфери;
- фоновий екологічний моніторинг;
- дослідження стану природних екосистем, у тому числі і їх змін внаслідок діяльності людини.

Сферу діяльності природних заповідників можна звести до кількох основних напрямів, включаючи охорону природи (і дослідження на теми, пов'язані з нею), туризм і відпочинок, навчання та виховання.

Впровадження ГІС-підтримки функціонування природоохоронних територій має здійснюватися у формі:

- 1) Інтернет-ресурс з картографічною та іншою інформацією про стан об'єктів природозаповідного фонду;
- 2) ГІС-портал як комплекс шарів взаємопов'язаної просторової інформації, необхідних для діяльності та менеджменту природоохоронних територій;
- 3) Спеціалізована ГІС як окремий пакет програм, призначений для виконання комплексу чітко визначених завдань у відповідності до специфіки діяльності окремих об'єктів ПЗФ.

1. Інтернет-ресурс з картографічною та іншою інформацією про стан об'єктів природозаповідного фонду;

Для забезпечення популяризації та еколого-просвітницької роботи, яка передбачає захист інтересів відвідувачів і відпочиваючих, а також виконання обов'язків екологічної освіти та виховання, найефективнішим засобом є розробка та створення сайту. На додаток до цього, це джерело інформаційної підтримки наукових та природоохоронних завдань, а також висвітлення результатів про їх перебіг.

Нижче наведено деякі переваги використання інтерактивного веб-сайту в Інтернеті як одного з аспектів (або різновиду) геоінформаційної підтримки функціонування об'єктів природозаповідного фонду [97]:

- доступність для різноманітних цільових груп та стейкхолерів;
- привертання уваги до досвіду наукового вивчення території як основного інформаційного джерела;
- просування природоохоронних територій, особливо для розвитку туризму та екологічної освіти та навчання.

Відсутність векторних шарів даних, що логічно обмежує можливості використання даних у наукових цілях, а також те, що на сайтах логічно не передбачено автоматичне застосування геоінформаційних програмних засобів і складних функцій аналізу даних, є основними недоліками сайти природоохоронних територій, знайдені в Інтернеті. Ці недоліки включають: – неможливість використання даних у наукових цілях; – обмеження можливостей використання даних у наукових цілях.

Основними недоліками веб-сайтів природоохоронних територій є відсутність шарів з векторними даними, що лімітує потенційне використання даних у наукових цілях.

Ці проблеми можна вирішити шляхом створення єдиної інфраструктури геоданих і створення геопорталів об'єктів природозаповідного фонду, які можуть обробляти та аналізувати дані.

2. ГІС-порталу як шарів взаємопов'язаної просторової інформації, необхідних для діяльності та менеджменту природоохоронних територій;

У контексті цієї методології геоінформаційна підтримка розглядається як дуже вузькоспеціалізована, у тому сенсі, що вона розуміється як набір даних, підготовлених для використання в ГІС. Цей погляд у широкому розумінні відповідає концепції інформаційного забезпечення ГІС, яку можна визначити як сукупність інформаційних масивів (баз даних, банків даних та інших структурованих наборів даних), систем кодування, схем класифікації та відповідної документації, що використовуються для підтримки системи обробки даних. Такий вид геоінформаційної допомоги є найбільш корисним для виконання обов'язків, пов'язаних з науковими дослідженнями, з точки зору функціонування природоохоронних зон. Включення шарів даних ГІС-

⁹⁷ Геоінформаційне забезпечення природоохоронних територій / Пересадько В. А., Сінна О. І., Вяткін К. В., Бодня О. В. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2012. № 15. С. 74–77.

проекту в розробку тематичних картографічних матеріалів та розміщення їх у друкованих виданнях та на сайтах дозволяє виконувати туристично-рекреаційну та еколого-просвітницьку функції. Ці функції можна виконувати шляхом створення тематичних карт відповідного змісту.

Ідея про те, що геоінформаційна підтримка має бути створена у формі ГІС-проекту, більш типова для початкових етапів використання геоінформаційних технологій для захисту природи та виконання завдань на природоохоронних територіях. Головна перевага ГІС-проектів полягає в тому, що ситуації та процеси можна моделювати самостійно, використовуючи базовий набір геоінформаційних даних. Той факт, що дані недоступні для широкого кола користувачів і що вони можуть бути відомі громадськості лише через наукові публікації, слід віднести також до недоліків.

Наукові дослідження не можуть бути систематичними, тому система не має вбудованих алгоритмів і моделей аналізу даних, які були б створені з урахуванням природоохоронної території. Але при цьому є достатня сфера діяльності для дослідників, наприклад, можливість в майбутньому складати спеціальні типові алгоритми. Це особливо важливо на ранніх етапах налагодження діяльності на території та використання ГІС для її підтримки. Також геоінформаційне забезпечення часто реалізується у вигляді ГІС-проекту під час планування та створення об'єктів ПЗФ, а також їх менеджменті.

3. Спеціалізована ГІС як окремий пакет програм, призначений для виконання комплексу чітко визначених завдань у відповідності до специфіки діяльності окремих об'єктів ПЗФ.

У цьому контексті геоінформаційні системи (ГІС) визначаються як «програмно-апаратний комплекс», який забезпечує збір, обробку, відображення та розповсюдження просторово скоординованих даних, інтеграцію даних, інформації та знань про територію для їх ефективного використання при вирішенні наукових і прикладних завдань, наприклад, інвентаризація, аналіз, моделювання, прогнозування, менеджмент природокористуванням та ін.

Через те, що мається на увазі не повнофункціональна ГІС, здатна вирішувати широкий спектр завдань, а спеціалізований програмний додаток, створений спеціально для окремої природоохоронної території, поняття стає дещо обмеженим у застосуванні щодо проблем функціонування природоохоронних територій з використанням ГІС.

При створенні елементів просторових баз даних Чорнобильського біосферного радіаційно-екологічного заповідника слід виділити етапів.

Перший етап включає:

- ✓ постановку мети роботи та визначення шляхів її виконання;
- ✓ збір інформації;
- ✓ вибір програмного забезпечення;
- ✓ визначення архітектури та структури створюваних ПБД.

Другий етап передбачає опрацювання даних та перетворення їх для роботи в геоінформаційному середовищі. З цієї метою обсяг робіт включатиме:

- ✓ сканування зображень, текстів, фотографій та інших даних;
- ✓ прив'язку даних до визначеної системи координат;
- ✓ цифрування аналогових картографічних матеріалів;
- ✓ внесення атрибутивної інформації щодо просторових об'єктів дослідження.

Третій етап передбачає проведення аналізу та створення нових, додаткових тематичних карт на підставі готових цифрових карт та даних.

Четвертий етап включатиме остаточне формування за розробленою структурою, упорядкування та узгодження елементів просторових баз даних досліджуваної території.

У величезному спектрі завдань, що вирішуються з використанням цифрових моделей рельєфу та різноманітних вегетаційних індексів можна виділити основні, які можуть бути застосовані відносно території заповідника:

- ✓ вивчення і кількісна оцінка сучасного стану природного середовища;
- ✓ визначення необхідної кількості та планування розміщення пробних площ для проведення постійного комплексного моніторингу території заповідника;
- ✓ моделювання екологічних ситуацій та їх впливу на природні екосистеми;
- ✓ прогнозування розвитку ландшафтних процесів (водна та вітрова ерозії) і їх впливу на екосистеми.

Територію Заповідника слід розглядати як сукупність різних об'єктів, до яких мають бути застосовані різні підходи до створення ГІС та організований збір інформації. В цілому можна виділити три види інформації, які мають утворювати комплексну ГІС: загальна, адміністративна та наукова (рис. 3.3).

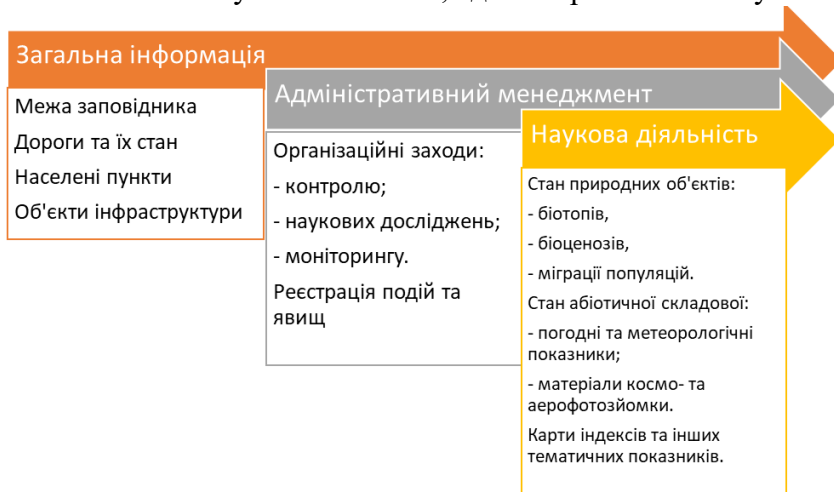


Рис. 3.3. Схема формування ГІС Заповідника

До загальної інформації відносяться загальновідомі факти, які історично виникли на даній території та не втрачають свою актуальність в часі. Переважно ця інформація не змінюється, може бути надана широкому колу користувачів, використовуватись як базова складова ГІС. Однак тут може змінюватись атрибутивна складова інформації, наприклад стан доріг, кількість будинків в населених пунктах, тощо.

Для забезпечення ефективного адміністративного менеджменту заповідника є потреба у зборі та аналізі адміністративної інформації. До цієї складової відноситься внутрішні розподіли працівників по секторжах/ділянках та здійснюється контроль ефективності такого розподілу. За результатами оцінки інтенсивності виникнення подій та явищ на тих, чи інших ділянках приймаються рішення до перерозподілу фахівців по території Заповідника. Прикладом тих рішень може бути посилення контролю незаконного перетину межі заповідника там де це найчастіше відбувається. Аналіз таких подій може визначити сезонність, причини, територіальне відношення, тощо.

Адміністративна інформація може бути відкритою лише для службового користування і доступ до неї має бути обмежений.

Наукова діяльність – найбільший сегмент ГІС, оскільки це практично пов'язано з метою створення заповідника й умовами його місцезнаходження. Цей сектор має бути найбільш упорядкований та охоплювати збір повного спектру інформації. Збір інформації не обов'язково має супроводжуватись актуальністю чи обґрунтованою потребою, оскільки ці чинники можуть виникнути пізніше, а історично відновлювати дані досить складно, тому створення банку даних (Big Data) повинні обмежуватись лише можливостями самого збору. Особливо це актуально для новоствореної заповідної території, коли, незважаючи на більше трьох десятиліть, що проминули з часу аварії на ЧАЕС, ще можна відновити інформацію про першопочаткові стани природних та антропогенно трансформованих територій, які були у доаварійний період.

Ця інформація повинна бути зафіксована як еталонна точка відліку природного відновлення. Тому чим більше видів інформації буде зібрано, тим достовірніше можна буде відтворити моделі розвитку тих чи інших процесів.

Перш за все до наукової складової слід віднести інформацію про природні об'єкти, які в свою чергу поділяються на окремі біогеоценози, що складаються з відповідних біотопів та біоценозів.

Неможливо здійснити опис території в цілому, оскільки для кожного біогеоценозу має бути визначені виключно притаманні йому показники. Те саме стосується і популяцій фауни, оскільки кожен вид тварин чи птахів мають свої особливості, що можуть не бути притаманними для інших видів.

Проте для однорідних біогеоценозів можливо застосувати один алгоритм опису за відсутності особливостей, які можуть обумовлювати суттєві відмінності між ними. Прикладом можуть бути лісові масиви однакового походження та з подібним деревостаном, малі річки тощо.

Сукупність описів окремих біогеоценозів дасть можливість визначити більш детально структуру заповідника, а в часі дасть змогу оцінити ступінь сукцесій, тобто їх трансформації.

Оскільки особливістю Заповідника є радіоактивне забруднення, одним із найважливіших аспектів ГІС повинен бути присвячений саме збору інформації про щільність забруднення території радіонуклідами, їх питомої активності в біотопі. Це дасть можливість моніторити стан забруднення в часі. Також ця інформація необхідна для організації роботи працівників в зоні радіоактивного забруднення, щоб не допустити тривалого перебування робітників в зоні з великим рівнем експозиційного випромінювання.

Для аналізу та моделювання природних процесів важливим показником є погодні умови. Однак, враховуючи значну територію Заповідника, необхідно організувати систему метеорологічних станцій з автоматизованою передачею показників на сервер.

В залежності від виду інформації необхідно визначити алгоритм її накопичення, який відповідатиме на ключові питання:

- частота отримання;
- джерело інформації;
- вигляд інформації, в якому вона буде зберігатись;
- відповідальна особа за збір інформації.

Для забезпечення ефективного адміністративного менеджменту заповідника є потреба у зборі та аналізі адміністративної інформації. До цієї складової відносяться внутрішні розподіли працівників по секторах/ділянках та здійснюється контроль ефективності такого розподілу. За результатами оцінки інтенсивності виникнення подій та явищ на тих чи інших ділянках приймаються рішення до перерозподілу фахівців по території заповідника. Прикладом таких рішень може бути посилення контролю незаконного перетину межі заповідника там, де це найчастіше відбувається. Аналіз таких подій може визначити сезонність, причини, територіальне відношення тощо.

Наукова діяльність – найбільший сегмент ГІС, оскільки це практично пов'язано з метою створення заповідника й умовами його місцезнаходження. Цей сектор має бути найбільш упорядкований та охоплювати збір повного спектру інформації. Збір інформації необов'язково має супроводжуватись актуальністю чи обґрунтованою потребою, оскільки ці чинники можуть виникнути пізніше, а історично відновлювати дані досить складно, тому створення банку даних повинно обмежуватись лише можливостями самого збору. Особливо це актуально для новоствореної заповідної території, коли, незважаючи на те, що більше трьох десятиліть минуло з часу аварії на ЧАЕС, ще можна відновити інформацію про початковий стан природних та антропогенно трансформованих територій, які були у доаварійний період. Оскільки особливістю заповідника є радіоактивне забруднення, одним із найважливіших аспектів ГІС повинен бути збір інформації про щільність забруднення території радіонуклідами, їх питомої активності в біотопі. Це дасть можливість моніторити стан забруднення в часі. Також ця інформація

необхідна для організації роботи працівників в зоні радіоактивного забруднення, щоб не допустити тривалого перебування робітників в зоні з великим рівнем експозиційного випромінювання.

Діяльність Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника пов'язана з вирішенням низки задач екологічного характеру, що обумовлює накопичення різномірної інформації, яка може мати як кількісні, так і якісні вирази. Формування ГІС дозволить оптимальним способом проаналізувати та візуалізувати дані щодо просторово-розподіленої інформації (рис. 3.4).

Під час формування ГІС Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника для забезпечення розв'язання екологічних задач повинен бути застосований інтегрований підхід регіональної оцінки якості навколишнього середовища.

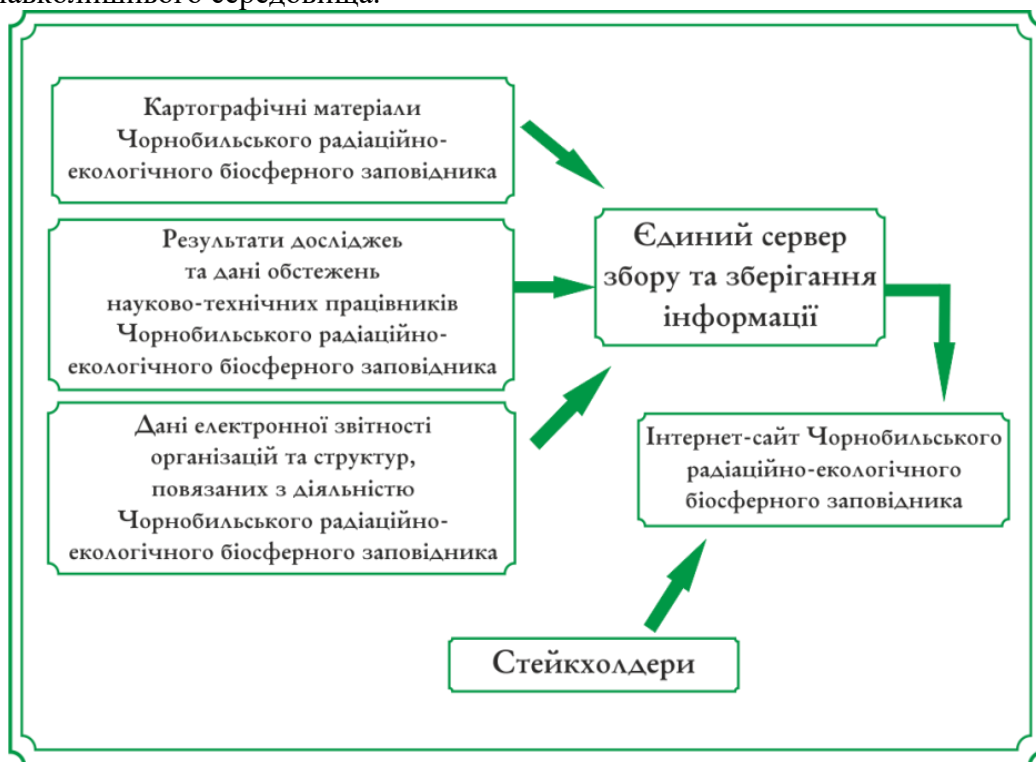


Рис. 3.4. Основні джерела та принципи функціонування ГІС Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника

Основою такого підходу є виділення особливих зон – масивів, що відрізняються за певним комплексом показників абіогенних, біогенних та антропогенних факторів. Вони можуть бути представлені у вигляді пробних ділянок чи інших ділянок спостережень та використовуватися для проведення регулярних чи тимчасових спостережень та обліків. Окрім цього, комплексна оцінка окремих масивів дозволить виявити зони особливої небезпеки, а спостереження за динамікою цих зон дозволить виявляти позитивні або

негативні тенденції у загальній стратегії управління заповідною територією. Виокремлення масивів та зон особливої небезпеки повинні базуватися на оцінці комплексу даних про стан довкілля. В ідеалі якість довкілля повинна бути оцінена за допомогою інтегрованих індексів забруднення чи впливу на довкілля, який повинен враховувати якомога більше факторів.

За інтегрований індекс пропонується розрахунок математичної моделі із врахуванням найбільш важливих природніх особливостей об'єкта, експериментальних масивів даних у своєму початковому стані або з попередньою статистичною обробкою, класифікацією або кластеризацією, відображати певну динаміку у часі і просторі, та дозволяти за допомогою імітації процесів та прогнозування чітко розуміти можливі варіанти розвитку біосистем. Геоінформаційна система заповідника повинна передбачати такі базові принципи: система повинна будуватися на основі єдиної ГІС-оболонки – найбільш прийнятною наразі є оболонка ArcGis, як ключовий посередник у імплементації положень Директиви INSPIRE в Україні; для усіх шарів повинна бути прийнята єдина система координат; створення базового шару – первинної ландшафтної карти, на базі якої будуть створюватися, оцінюватися та аналізуватися усі інші дані.

Запропонований нижче перелік картографічних матеріалів має основну цільову функцію – зонування території заповідника із врахуванням низки природно-кліматичних та антропогенних чинників з метою подальшої її оптимізації. Загальна структура просторових баз даних заповідника має бути зорієнтована на певний заданий набір тематичних цифрових карт з їхніми шарами, розподілених за відповідними тематичними блоками.

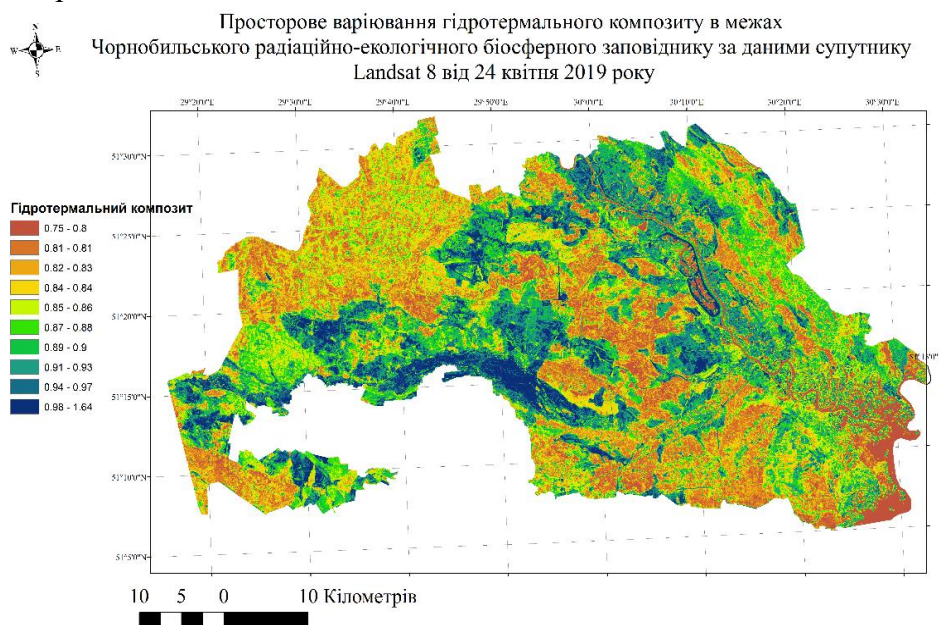


Рис. 3.5. Карта гідротермального композиту Чорнобильського біосферного радіаційно-екологічного заповідника

✓ *геологічна будова* – до даного блоку слід віднести створення шарів щодо залягання гірських порід, а саме їх назви, генезис та вікові параметри, четвертинних відкладів, а саме їх генезис та потужність. Обов'язковим для даного етапу є створення шару гідротермального композиту, що позначає глинисті відкладення і гірські породи, багаті на глину, а також створює передумови для створення та аналізу інших тематичних шарів, наприклад, для визначення вологості в орних землях і рослинності й, відповідно, використовується для вивчення продуктивності біогеоценозів (рис. 3.5).

✓ *рельєф території* – найоптимальнішим варіантом буде створення цифрової моделі рельєфу території заповідника та прилеглих територій, тобто дискретне, комп'ютерне представлення об'єктів рельєфу у вигляді масиву точок з відомими планіметричними координатами і висотами точок земної поверхні. За допомогою цього можливою стане апроксимація рельєфу з урахуванням його природних характеристик і умов, а також зв'язків між об'єктами, розташованими на земній поверхні, побудова профілів, визначення вододілів та ліній стоку, вибір оптимальних трас доріг, каналів, меліоративних мереж, інших лінійних об'єктів, виділенням басейнів водозборів, визначення обсягів земляних робіт, отримання даних про зсуви, ерозії та деформації, визначення площ підтоплень тощо.

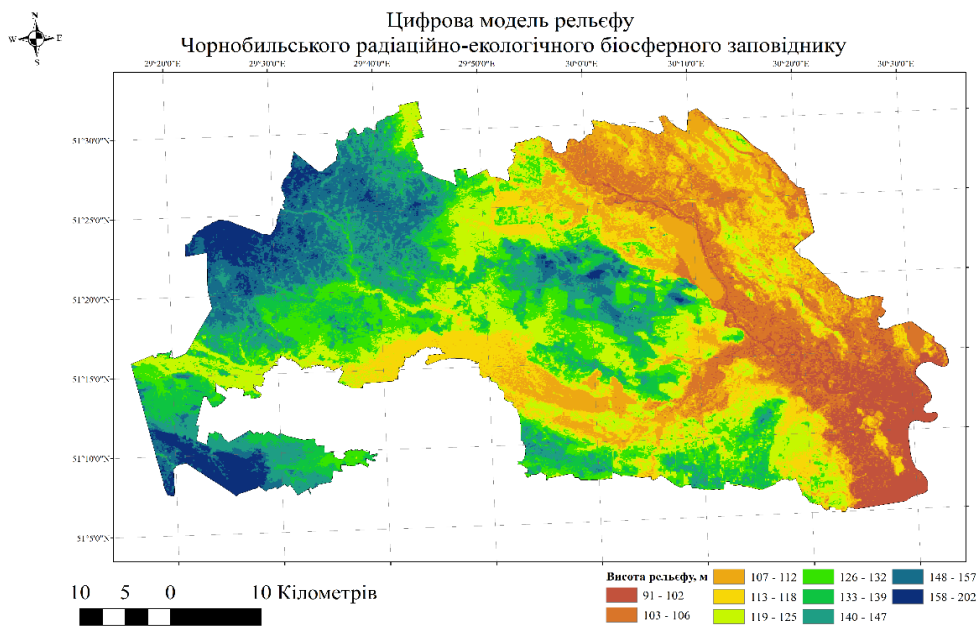


Рис. 3.6. Цифрова модель рельєфу території заповідника

Програмне забезпечення GIS може використовувати цифрові моделі висот для візуалізації тривимірної поверхні, визначення всіх можливих особливостей місцевості, прогнозування безпечності будь-якого будівництва, генерування контурів та проведення аналізу видимості (у т.ч. радіовидимості) (рис. 3.6). Окремо слід запланувати створення карти індексів топографічного

положення, що дозволить виявляти ухили поверхні, експозицій, форми поверхонь схилів тощо.

✓ *клімат* – у даному блоці передбачена побудова картографічного матеріалу та відслідковування даних у динаміці щодо топографічного індексу вологості прямої та розсіяної інсоляції, індексів аерозолів-узбереж (рис. 3.7), атмосферного тиску, температури повітря, ґрунту, параметрів атмосферних опадів, висоти за запасів води у сніговому покриві, швидкості, повторюваності та напрямів вітрів тощо.

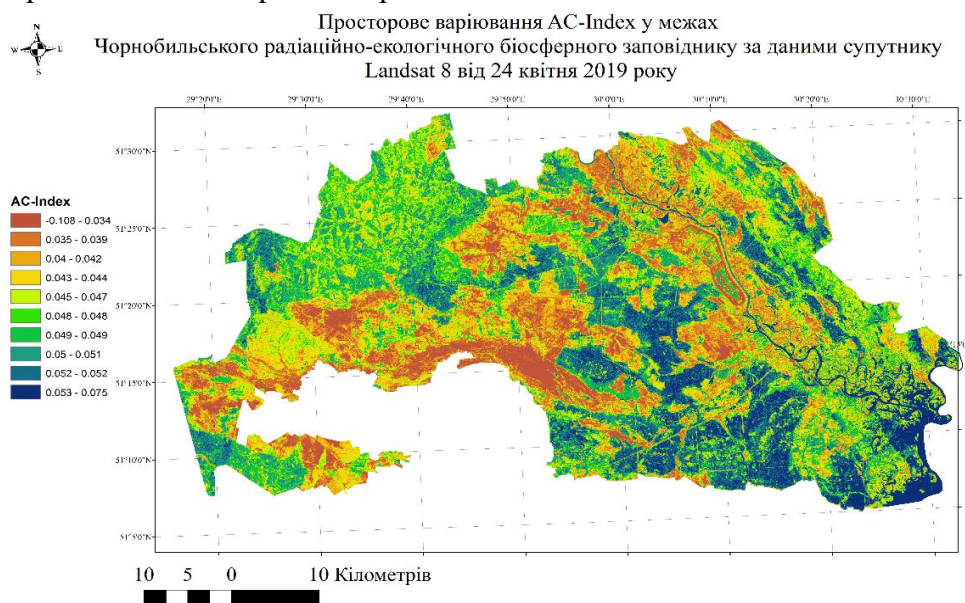


Рис. 3.7. Карта індексів аерозолів/узбереж

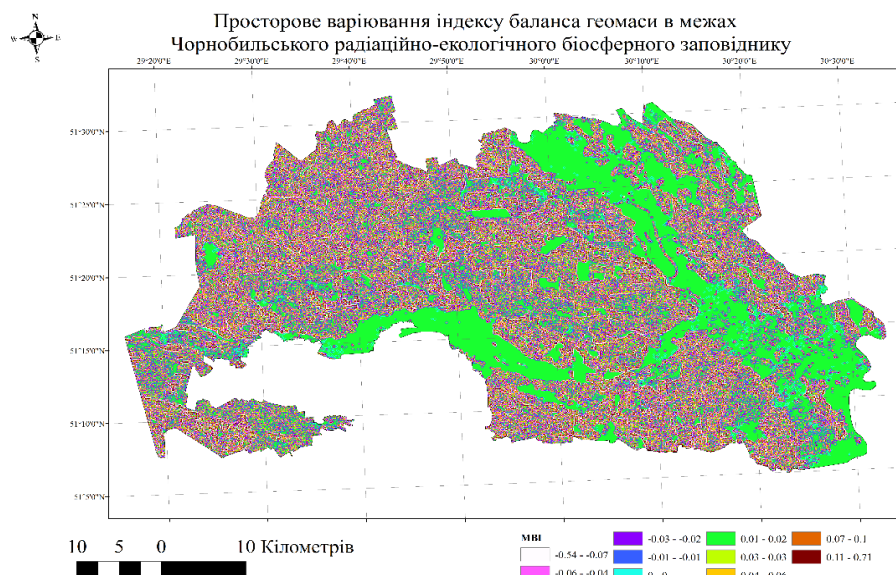


Рис. 3.8. Карта індексів балансу геомаси

✓ *водні об'єкти* – у даному блоці слід висвітлити дані висот над русловою мережею, що фактично є надійним маркером рівня ґрунтових вод і може бути використано для картографії ґрунтів, а також розподіл водних об'єктів на земній поверхні, а саме різномасштабні індекси гребенів височин і тальвегів, стік, витрати води, якісні показники води тощо.

✓ *ґрунти* – у даному блоці слід створити шари, що показуватимуть типи ґрунтів, їх фізико-хімічний склад, рН, індекси вологості поверхні Землі, фактори ерозії тощо. Доцільним буде побудова карти індексів балансу геомаси, яка розкриває топографічні передумови до руйнування та відкладення ґрунтів. Індекс балансу геомаси є значущим з точки зору прогнозування небезпечних схилових процесів (зсувів, обвалів, осипів) і оцінки їх впливу на об'єкти транспортної та інженерної інфраструктури (автомобільні і залізні дороги, мости тощо) (рис. 3.8).

✓ *рослинний покрив* – за допомогою карт рослинності можна вирішувати низку інших задач, пов'язаних з пожежонебезпечністю, ерозією тощо. Знання про зв'язок структури і стану рослинності з її спектрально-відбивними здібностями дозволяють використовувати супутникові та аерокосмічні знімки для картографування та ідентифікації типів рослинності і її стресового стану. Тому саме цей блок налічуватиме найбільшу кількість картографічного матеріалу. Даний блок відображатиме сучасну рослинність, тобто окремі рослинні асоціації, поширення видів, ярусність, проєктивні покриття, санітарний стан.

Доцільним є створення карт нормалізованого відношення пожеж та карту нормалізованого різницевого водного індексу, які дозволяють оцінювати вміст вологи у рослинному покриві та варіювання показників пожежонебезпеки при надмірній втраті вологи у надспекотні періоди. Доцільним є створення карт зеленого NDVI, карт індексу концентрації хлорофілу та ксантофілу, карт індексу рослинності, на основі яких визначають санітарний та екологічний стан рослинного покриву. Слід звернути увагу на створення карт, пов'язаних з лісистістю, а також умовами місцезростання, що формуються у лісах. Тут рекомендовано надати дані щодо трюфотопів, гігротопів, породного та вікового складу насаджень тощо. Окрему категорію у даному блоці мають складати масиви даних щодо поширення видів рослин, що занесені до Червоної книги України та інших охоронюваних списків.

✓ *тваринний світ* – у даному блоці слід надати дані щодо ареалів поширення диких видів тварин та птахів на території заповідника, а також окремо слід зазначити поширення видів тварин, що внесені до Червоної книги України та European Red List.

✓ *землеустрій* – у даному блоці слід надати усі дані щодо наявності дорожнього покриття, наявності забудови, меліоративних систем тощо.

✓ *екологія* – у даному блоці слід надати дані щодо вмісту речовин токсичної та радіаційної дії у компонентах ландшафтів заповідника з чітким окресленням масивів особливо небезпечних ділянок. У цьому аспекті,

зважаючи на радіоактивну специфіку ландшафтів, особливу увагу слід відвести пожежонебезпечності регіону.

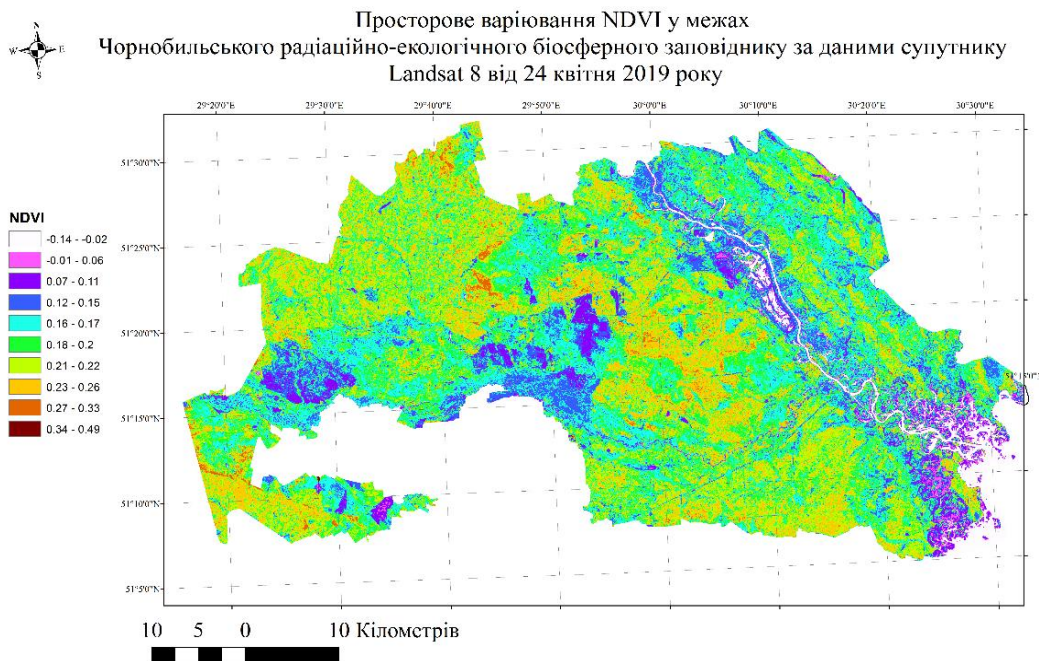


Рис. 3.9. Карта зеленого NDVI

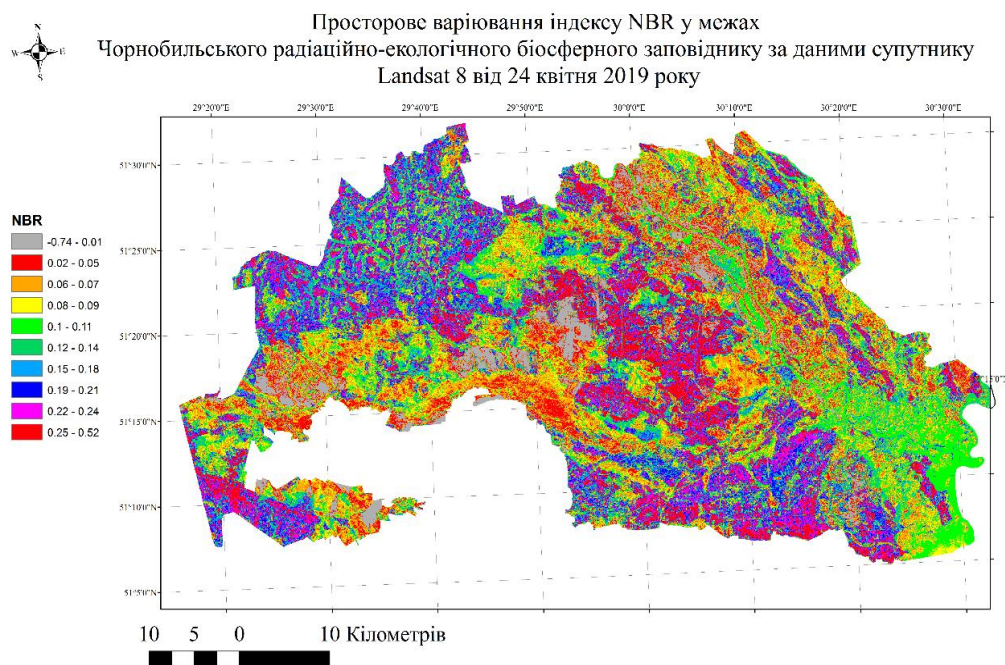


Рис. 3.10. Карта нормалізованого відношення пожеж

Визначення небезпечних ділянок на основі супутникових даних та перерахунок їх в особливий індекс (в даному випадку NBR), який будується на основі низки факторів, які включають запаси вологи, характер рослинного покриву та низку інших показників, дозволяє моніторити ситуацію щодо виникнення ділянок з підвищеною пожежонебезпечністю (рис. 3.9).

✓ *ландшафти та їх просторовий розподіл.* На основі усіх вказаних вище блоків слід визначити просторову структуру типів ландшафтів заповідника. Враховуючи різноманіття ландшафтів, доцільно розмежувати територію заповідника із виділенням зон особливого наукового інтересу та посиленої охорони.

Отже, використання ГІС при аналізі та удосконаленні функціонування природоохоронних територій є необхідною реалією сучасності з огляду на інформаційно-технологічний прогрес.

ГІС об'єктів природно-заповідного фонду з адекватними просторовими базами даних передбачає поєднання природоохоронної, наукової та освітньої діяльності в єдиний інформаційний простір, що дає можливість швидкого аналізу, прогнозування, порівняння тощо при вирішенні певних оптимізаційних завдань.

Застосування просторових баз даних Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника повинне бути спрямоване на:

- ✓ підтримку концепції сталого розвитку регіону;
- ✓ упорядкування територіального розвитку природоохоронної території;
- ✓ вирішення завдань з ефективного функціонування заповідника;
- ✓ проведення подальших моніторингових досліджень;
- ✓ збереження генофонду флори та фауни;
- ✓ здійснення екологічної просвітницько-виховної роботи;
- ✓ аналіз антропогенного впливу на типові природні комплекси регіону тощо.

Вирішення даних питань повинно спиратися на більш детальний і глибокий геоінформаційний аналіз географічних особливостей та закономірностей розвитку і функціонування даного природного комплексу, адже Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник є не тільки центром збереження типових природних комплексів півночі України та важливим елементом місцевої та регіональної екологічної мережі, але й мережі державного та міжнародного значення.

Збір вихідних даних для створення геопорталу може відбуватися різними способами: від польових, стаціонарних чи напівстаціонарних методів до аналізу літератури, архівних даних, іншої науково-технічної інформації. Вагоме місце займають методи ГІС-аналізу та прогнозування, а також дешифрування даних ДЗЗ. В останньому випадку мова йде про аеро- та космічні знімки, які можуть різнитися масштабом, спектральними каналами, а також методами обробки та аналізу їх інтерпретації. Інтеграція таких даних здійснюється шляхом використання геоінформаційних технологій та засобів

цифрової картографії. Знімки з високою роздільною здатністю відкривають нові перспективи в аналізі даних, а відслідковування змін у динаміці створює умови для ведення моніторингу території на якісно новому рівні.

Для обслуговування Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника задіяні понад тисяча фахівців, які працюють в заповіднику вахтовим методом. Для оптимальної роботи зі знімками ДЗЗ фахівці заповідника оволоділи навичками щодо визначення видів знімків ДЗЗ, використанням програмного забезпечення для обробки даних ДЗЗ та основними принципами геоінформаційного картографування, а також методами збору та обробки космознімків та географічної інформації на базі Поліського національного університету (Договір про надання послуг «Підготовка фахівців Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника до роботи з геоінформаційними системами» №134/19 від 13 грудня 2019 року).

З метою збору та систематизації інформації про події та явища, яку отримують працівники заповідника, було впроваджено метод опитувань через мобільний додаток Survey123 від Esri, де були створені тематичні опитування, спрямовані на геопросторове фіксування правопорушень, наприклад, щодо незаконного вилову риби, полювання, вирубування дерев, незаконного перебування на радіаційно-забрудненій території, а також збір інформації про розповсюдження представників тваринного та рослинного світу (рис. 3.11).

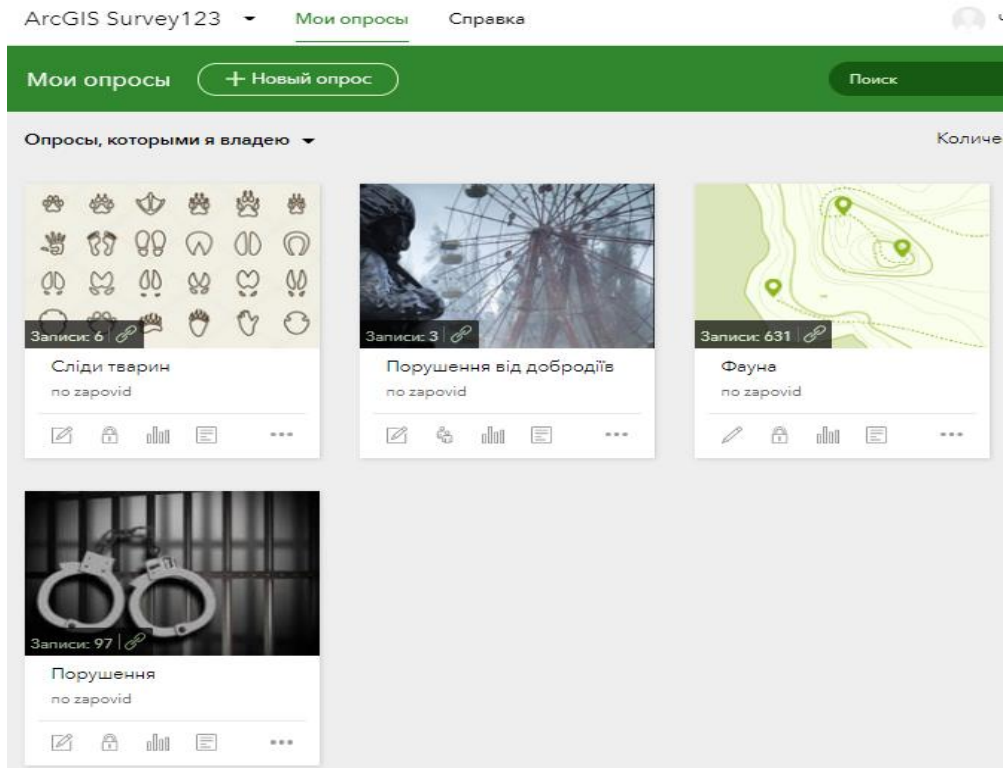


Рис. 3.11. Опитування в мобільному додатку Survey123

Особливістю цих додатків є те, що в них реалізована можливість функціонування навіть за відсутності Інтернету, оскільки на більшості території немає мобільного покриття. Це дало змогу фіксувати події та явища протягом патрулювання та завантажувати інформацію у віддаленому режимі з наступною геопросторовою прив'язкою в офісі.

Накопичена інформація дає можливість керівництву заповідника здійснювати аналіз та приймати управлінські рішення щодо оптимальних локацій інспекторів на території заповідника, посилення контролю тих чи інших ділянок, де спостерігається найбільша кількість правопорушень. Зібрана інформація про розповсюдження представників тваринного та рослинного світу може використовуватися для створення атласів та літописів заповідника (рис. 3.12).

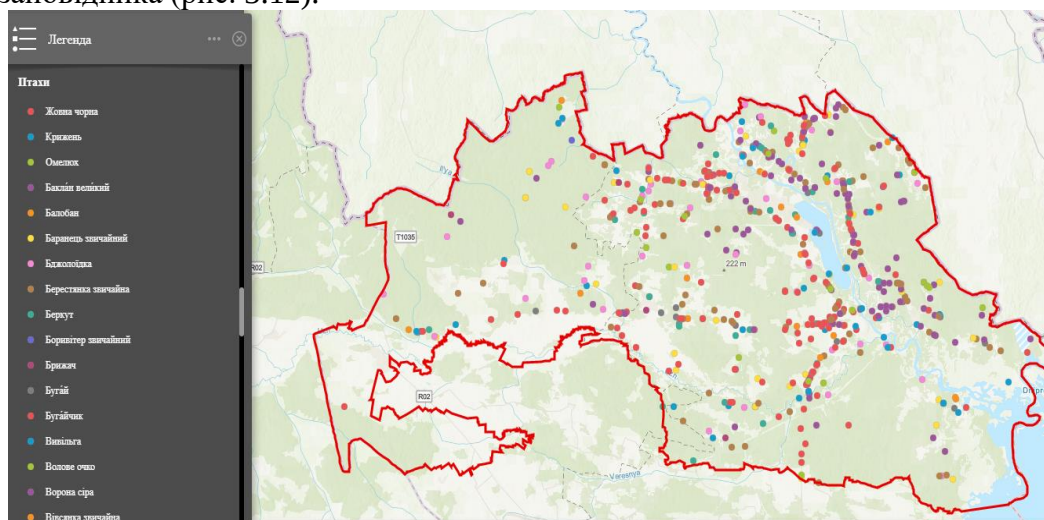


Рис. 3.12. Зібрана інформація про місця існування представників тваринного світу за допомоги мобільного додатку Survey123

Опитування додатку розроблене таким чином, що передбачає збір інформації про користувача – відомча приналежність, прізвище та ім'я; клас тварин та відповідне визначення виду. Існує також можливість додати фотофіксацію тварини або ж її слідів, короткий опис та переконатись у визначенні мобільного додатку координат на момент фіксації події (рис. 3.13).

Для поширення природоохоронної діяльності серед відвідувачів заповідника було розроблено опитування на платформі Survey123 з метою збору інформації про природоохоронні порушення. Так, кожен охочий може завантажити додаток Survey123, авторизуватись та зафіксувати протиправні явища: розташування пасток, сліди браконьєрської діяльності, незаконну вирубку, тощо.

При формуванні геопорталу заповідника повинні враховуватися такі критерії: знімки повинні бути середньої або високої роздільної здатності, оптимальна смуга знімання від 10 до 60 км, володіти мультиспектральністю

та оновлюватися щорічно, щоквартально або щомісячно для відслідковування динаміки певних показників у часі.

Рис. 3.13. Структура мобільного опитування по фіксації місць існування тварин

Усі ці умови забезпечують знімки, що отримуються з супутників IRS 1C, Sentinel-2, LANDSAT 5, LANDSAT 7, TERRA (ASTER), наявні у вільному доступі у мережі Internet (рис. 3.14).



Рис. 3.14. Космічні знімки Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, 1 - отриманий з супутника Sentinel-2; 2 – після мультиспектральної обробки

Наступним етапом роботи з даними є дешифрування матеріалів ДЗЗ, яке у більшості випадків здійснюється шляхом напівавтоматичного дешифрування, що робить можливим поєднання досвідченості фахівця та оперативності й точності автоматичної обробки знімка. Програмне забезпечення Leica Geosystems ERDAS IMAGINE дозволяє, завдяки розширеному пакету інструментарію, модифікувати, геометрично коригувати і картографувати растрові зображення аеро- та космічних знімків. Однак, слід зазначити, що обробка даних за невеликих обсягів можлива за використання машинно-візуальних методів.

На останньому етапі обробки даних слід здійснювати векторизацію матеріалів, після чого їх вносять у відповідну базу даних у відповідності до створеної на першому етапі класифікації. Тобто, результатом роботи на цьому етапі можуть бути цифрові карти (моделі) рельєфу, карти гідрологічної мережі, сучасного рослинного покриву тощо. Одночасно, неуточненим лишаються питання щодо формату подачі цих даних, адже може мати місце неузгодженість меж різногалузевих карт та матеріалів, наданих різними організаціями та структурами, коригування таких даних призводитиме до похибок та нестиковак⁹⁸. Сама ж векторизація необхідних даних також вимагає значних витрат часу⁹⁹. Саме тому на даному етапі достатнім є створення цифрової моделі рельєфу, автоматизована інтерпретація даних яких забезпечує надійний аналіз морфологічної структури. За таких умов дані, що супроводжують цифрову модель рельєфу, тобто фонові матеріали щодо геологічної структури, четвертинних відкладів та рослинного покриву під час підготовки до створення геопорталу можуть використовуватися у вигляді растрів^{100,101}.

Створення «тіла геопорталу» передбачає укладання контурів базового ландшафтного шару, ландшафтних виділів та створення легенди. Аналіз науково-технічної інформації показує високу ефективність та інформативність використання генетико-морфологічного підходу у розподілі природних компонентів та розподілі ландшафтно-територіальної структури. Генетико-морфологічний підхід прийнятний за необхідності інтеграції природно-географічних даних, моделюванні структури ландшафтів тощо. Інтегрована ландшафтна карта, згенерована за допомогою генетико-морфологічного підходу, буде включати базові дані про природні умови

⁹⁸ Круглов І. Геоінформаційний аспект організації державного земельного кадастру України. *Budownictwo i Inzynieria Srodowiska (Rzeszów, Poland)*. 1998. Z. 29. S. 85–93.

⁹⁹ Мкртчян О. С. Ландшафтно-екологічні основи інтеграції даних в земельні інформаційні системи : дис. ... канд. геогр. наук. : 11.00.01. Львів : Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2006. 215 с.

¹⁰⁰ Ландшафтна ГІС як результат ландшафтознавчого прикладного дослідження адміністративного району: методичні аспекти / Голубцов О. Г., Путренко В. В., Чехній В. М., Фаріон Ю. М. *Географія та туризм*. 2010. № 10. С. 141–153.

¹⁰¹ Romanchuk L. D., Fedonuk T. P., Khant G. O. Radiomonitoring of plant products and soils of Polissia during the long-term period after the disaster at the Chornobyl Nuclear Power Plant. *Regulatory mechanisms in biosystems*. 2017. Vol. 3, № 8. P. 444–454.

ландшафту. Ландшафтне картографування доцільно доповнювати інноваційними підходами з використанням ГІС-технологій^{102,103,104}.

Усе вищезазначене свідчить про неузгодженість прийомів щодо вибору принципів, напрямів та прийомів, які можуть бути використані при організації інфраструктури просторових даних заповідних територій. Немає критеріїв, що визначають детальність та об'єми інформації, що повинні бути ключовими у прийнятті виважених управлінських рішень на усіх рівнях. Більш деталізовані геоінформаційні системи доцільно створювати для локальних територіальних громад, більш узагальнені – для крупніших територіальних одиниць при плануванні та використанні територій районів або областей та вирішенні їх стратегічних завдань¹⁰⁵. Ландшафтні масиви певного рангу слід укладати в одному шарі у вигляді зімкнутих полігонів, а атрибутивні таблиці доцільно укомплектовувати даними щодо особливостей складових компонентів ландшафтів, ступенів антропогенної трансформованості, інформацією про фізико-хімічні показники ґрунтів, води тощо.

У структурі геопорталу кожен компонент володіє певним набором атрибутивних даних, які, як і будь-які інші дані, можна аналізувати, оцінювати та створювати на їх базі прогнози. Прикладом такої оцінки можуть бути карти забруднення території та зв'язок їх із типом або структурою ґрунту, і як наслідок оцінка імовірності їх міграції у ландшафті, оцінка токсичності ґрунтів, розкриття топографічних передумов до руйнування та вимивання ґрунтів, що є значущим з точки зору прогнозування небезпечних схилових процесів (зсуви, обвали, осипи) і оцінки їх впливу на об'єкти транспортної та інженерної інфраструктури, а також при прогнозуванні ерозійних процесів.

По завершенню усіх попередніх кроків формування геопорталу слід перейти до підготовки його до використання потенційними стейкхолдерами. Серед основних завдань цього кроку слід окреслити узгодження та компонування тематичних векторних та растрових шарів; вибір способу візуалізації даних так, щоб презентаційний екземпляр був доступним та зрозумілим пересічному громадянину, підготовка до друку карт та пояснювальних записок та легенд до них тощо.

Ключовою цільовою аудиторією цього етапу є виключно стейкхолдери порталу, web-ресурсу чи сторінки заповідника.

Імплементация пан-європейських директив в межах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника та приєднання до системи

¹⁰² Давидчук В. С., Сорокіна Л. Ю., Родіна В. В. Геоінформаційні технології у ландшафтному картографуванні. *Фізична географія та геоморфологія*. 2005. Вип. 47. С. 24–30.

¹⁰³ Загородня С. А. Геоінформаційні технології для екологічної оцінки природно-заповідних територій. *Екологічна безпека та природокористування*. 2016. Т. 22, № 3/4. С. 87–93.

¹⁰⁴ Геоінформаційне забезпечення природоохоронних територій / Пересадько В. А., Сінна О. І., Вяткін К. В., Бодня О. В. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2012. № 15. С. 74–77.

¹⁰⁵ Гродзинський М. Д. Основи ландшафтної екології : підручник. Київ : Либідь, 1993. 224 с.

«opendate» нині одне із стратегічних завдань діяльності. Це передбачає кропітку роботу, що включатиме розробку метаданих, підготовку даних, мережових сервісів, організацію алгоритмів збору інформації, етапи їх втілення, обмін даними та сервісами, а також моніторинг даних та підготовку кадрів.

Синхронізація геопорталу і Survey123. Враховуючи, що адміністрація заповідника знаходиться у м. Києві, а працівники працюють на території заповідника вахтовим методом, з метою оперативного формування геоінформаційної бази, було впроваджено алгоритм автоматичної публікації результатів зібраної інформації з мобільних додатків Survey123 на геопортал в межах серверної геоінформаційної платформи ArcGis Online. Це було реалізовано шляхом створення шарів в геопорталі, які оприлюднюють інформацію, що структуризована за атрибутами, з геоінформаційної бази даних, яка формується при завантаженні результатів опитування з додатку Survey123. Це дає можливість ефективного використання геопорталу для працівників заповідника з метою можливості аналізу зібраної інформації в будь-який час (рис. 3.15).

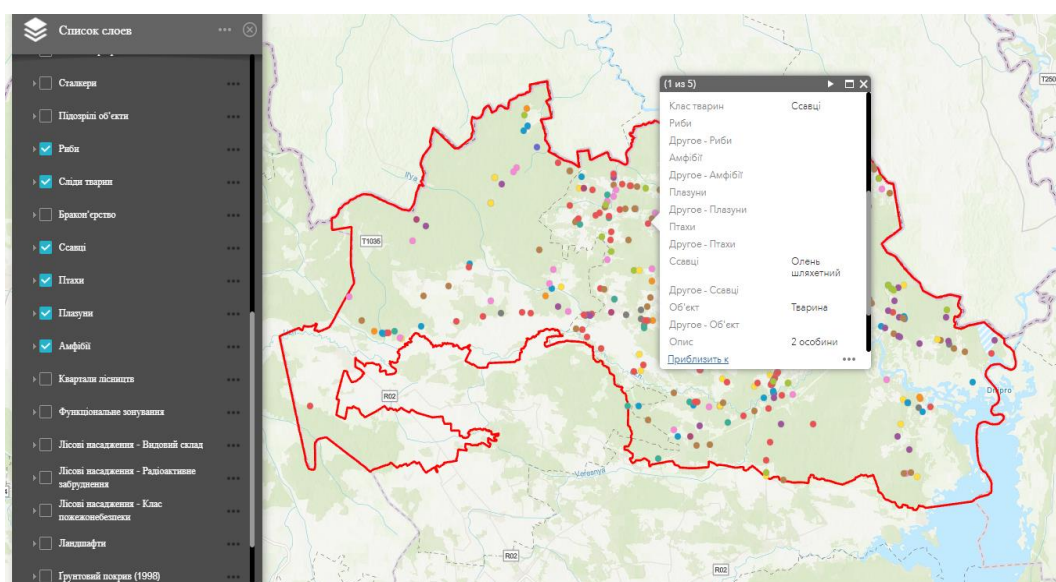


Рис. 3.15. Приклад відображення на геопорталі зібраної інформації

Автоматизована передача даних дозволяє надати доступ до необхідної інформації працівникам, які не володіють навичками роботи в геоінформаційному програмному забезпеченні.

ГІС-аналіз зібраної інформації. Моніторинг за місцями існування диких тварин на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника здійснюється відділом відтворення та збереження тваринного світу. Відповідно до цього, при формуванні геоінформаційної бази даних було додано тематичні шари, які можуть забезпечити інформаційне

функціонування відділу.

Серед основних шарів було додано карту радіоактивного забруднення лісових насаджень, яка дозволяє оцінити техногенний вплив на об'єкти навколишнього середовища, особливості міграції та накопичення радіонуклідів у екосистемах заповідника (рис. 3.16).

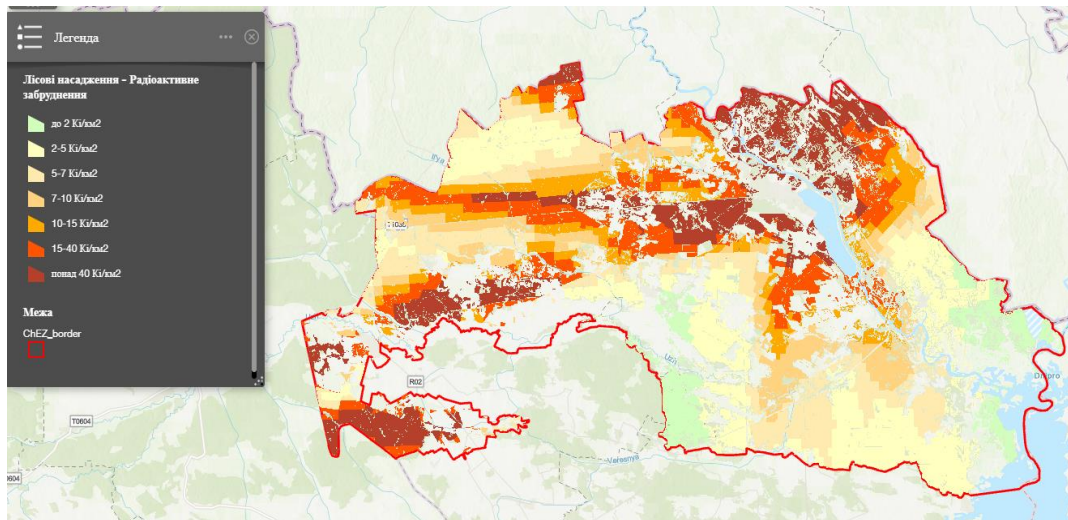


Рис. 3.16. Карта радіоактивного забруднення лісових насаджень

Наступним етапом роботи з даними є дешифрування матеріалів ДЗЗ, яке у більшості випадків здійснюється шляхом напівавтоматичного дешифрування, що робить можливим поєднання досвідченості фахівця та оперативності й точності автоматичної обробки знімка.

Наступним етапом роботи з даними є дешифрування матеріалів ДЗЗ, яке у більшості випадків здійснюється шляхом напівавтоматичного дешифрування, що робить можливим поєднання досвідченості фахівця та оперативності й точності автоматичної обробки знімка.

Окрім цього, до основних тематичних шарів було додано карту функціонального районування та інфраструктури заповідника, класифікацію природних ландшафтів, дані про ґрунтовий покрив та видовий склад лісових насаджень (рис. 3.17). У своїй комбінації ці шари дають змогу проаналізувати геопросторову інформацію у взаємозв'язку з природними факторами середовища, визначити ключові об'єкти для досліджень.

Одним із прикладів використання ГІС є відстеження і прогнозування виникнення та поширення пожеж¹⁰⁶. До основних причин виникнення лісових пожеж на території заповідника зокрема, та в північних районах України та низці країн Європи загалом були аномальні погодні умови 2019-

¹⁰⁶ Landscape fire safety management: the experience of Ukraine and the EU / Skydan O. V., Fedoniuk T. P., Pyvovar P. V. et al. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Science*. 2021. № 6 (450). С. 125–132. URL: <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.128>

початку 2020 року, зокрема тепла безсніжна зима, яка спровокувала зниження водності річок та інших водойм. Додатковим фактором у погіршенні ситуації можна вважати антропогенний, адже значна частка пожеж виникають внаслідок спалювання сухої трави мешканцями населених пунктів.

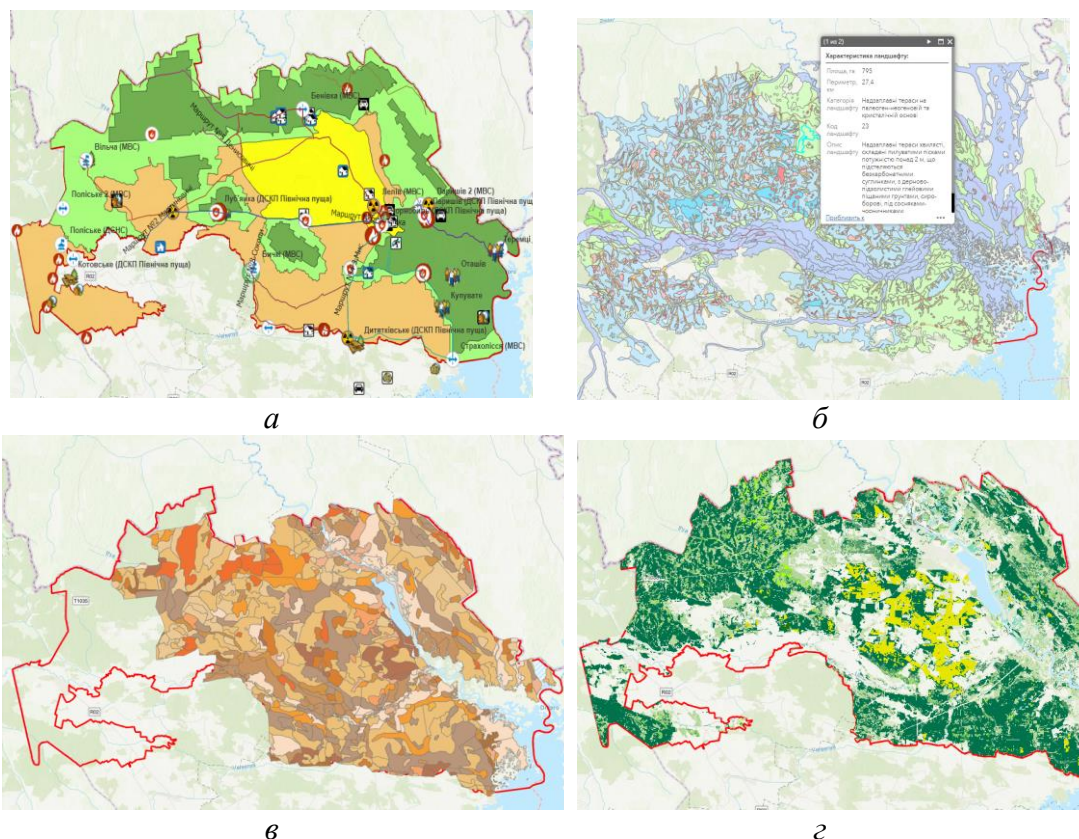


Рис. 3.17. Основні тематичні шари: а - функціональне районування та інфраструктура заповідника, б - природні ландшафтів, в - ґрунтовий покрив, г - видовий склад лісових насаджень

Погіршення ситуації з ліквідацією пожеж було обумовлено також недосконалістю системи протипожежних заходів в Україні. Тому, в даних умовах, зниження ризику повторення пожеж, впровадження сучасної інформаційної системи прийняття рішень під час виявлення і ліквідації лісових пожеж для здійснення низки функцій щодо координації дій при виникненні пожеж та інших надзвичайних ситуацій у ландшафтах північних регіонів України, значна частка яких знаходяться у зоні радіоактивного забруднення має надзвичайну актуальність. Відповідно до європейської практики на території заповідника слід запровадити сучасну інтегровану систему попередження та ліквідації лісових пожеж, яка базуватиметься на використанні індексів лісової пожежної небезпеки (Forest Fire Danger Meter,

FFDM). Також необхідно розробити нову методику використання даних ДЗЗ для виявлення пожежонебезпечних періодів. Така методика має передбачати поєднання використання: 1) індексів посухи та вологовмісту поряд із традиційним їх визначенням індексів пожежонебезпеки за методикою В.Г. Нестерова; 2) урахуванням вітрових характеристик та антропогенних факторів.

Використання засобів ДЗЗ та геоінформаційна база даних пожежонебезпеки лісів дозволила оцінити та масштаби ураження та динаміку поширення пожеж, що відбулись у 2020 році. Лісові пожежі у Чорнобильській зоні розпочались 4 квітня з території, що належить Котовському лісництву між смт Поліське, селами Тараси та Володимирівка¹⁰⁷. Поява пожеж цілком відповідала карті ймовірного виникнення великих пожеж, що була розроблена науковцями Лісової Служби США та професором кафедри лісового менеджменту та таксацій лісів НУБІП Аланом Агером та Віктором Миронюком (рис. 3.18).

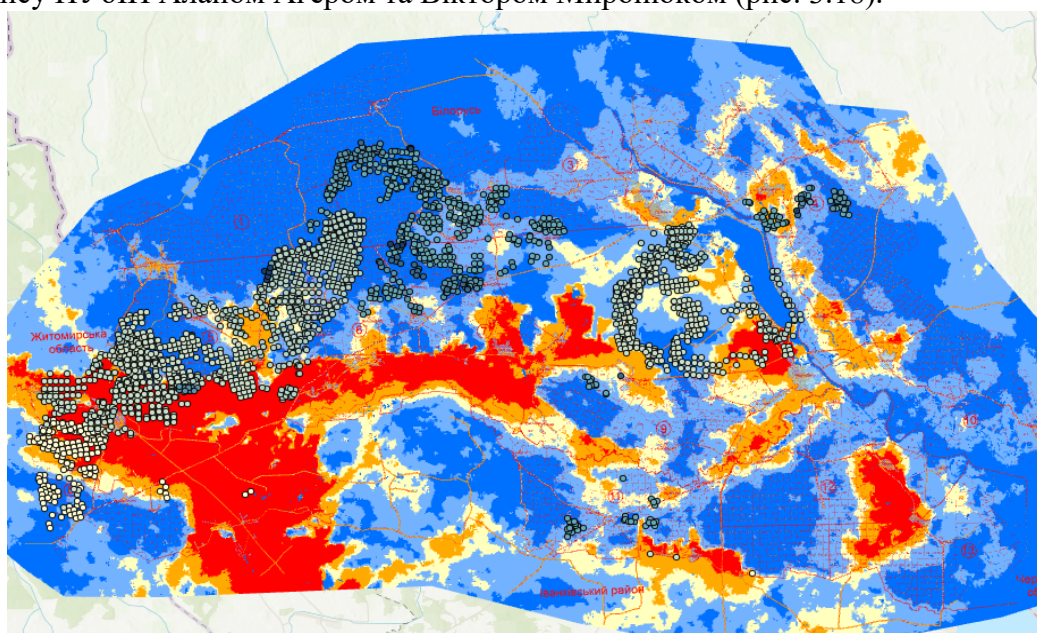


Рис. 3.18. Карта ймовірності виникнення великих пожеж

Однак ця карта не враховувала класи пожежонебезпеки лісів, а найбільша ймовірність виникнення пожеж корелює з відкритими не лісовкритими ландшафтами. Тому з 6 квітня від пожеж зайнялись лісові насадження і пожежа поширилась лісом. Станом на 17 квітня 2020 року попередня оцінка площі пожеж становила близько 11 500 га. Повністю всі пожежі були ліквідовані до середини травня. Одними із факторів, які дозволили зупинити розповсюдження пожеж, стали протипожежні розриви (рис. 3.19).

¹⁰⁷ Assessment of the consequences of forest fires in 2020 on the territory of the chornobyl radiation and ecological biosphere reserve / Fedoniuk T., Borsuk O., Melnychuk T. et al. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, № 8. P. 26–36. URL: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(8\).2021.26-36](https://doi.org/10.48077/scihor.24(8).2021.26-36)

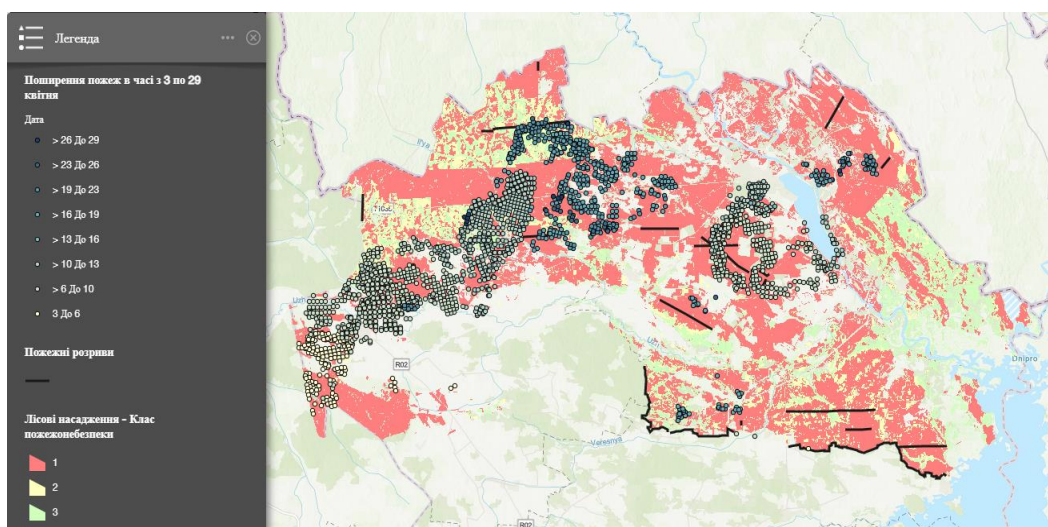


Рис. 3.19. Динаміка поширення пожеж у квітні 2020 р.

Через десять днів пожежникам вдалося локалізувати масштабну пожежу в Чорнобильській зоні, 16 квітня через поривчастий вітер виникла нова пожежа. Для гасіння пожежі було задіяно майже 120 одиниць техніки та 500 працівників. Через непередбачуваний характер вітру та відсутність пожежних шляхів у важкодоступних місцях вогнеборцям було важко гасити пожежі. Горів Рудий ліс, постраждало закрите військове місто Чорнобиль-2, міста Чорнобиль і Лелів, Копачі, Поліське, Грезля, Рудня-Грезлянська, Ковшилівка, Варовичі, Буда-Варовичі, Мартиновичі, Смарагдовий, Волхов, Чистоголівка. Зважаючи на всі зусилля, які були вжиті, Чорнобильська АЕС не зазнала значних пошкоджень. Однак, згоріло піонерське селище «Казкове» — ключова зупинка туристичної стежки. Площа ураження: 420 квадратних кілометрів (рис. 3.20).

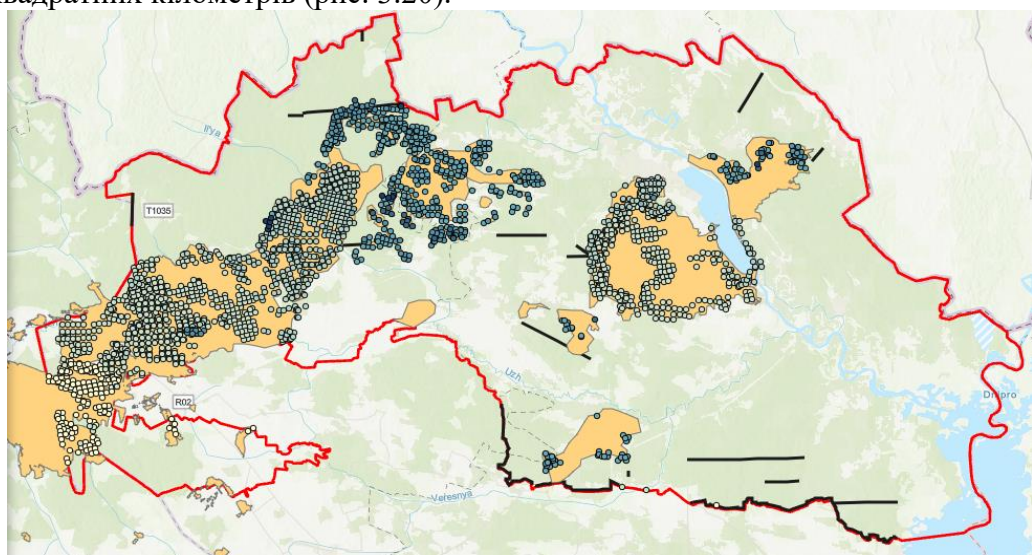


Рис. 3.20. Площа лісів, уражених пожежами

Оцінено ступінь ураження та виділено території, що були ураженими вогнем на основі використання мультиспектральних супутникових знімків (рис. 3.21). В подальшому ця інформація дозволить оцінити ступінь відновлення та трансформацію біоценозів, що були уражені пожежами.

Таким чином, впровадження ГІС надало змогу систематизованого збору, збереження та поширення інформації щодо природоохоронної та наукової діяльності заповідника.

Велике значення ГІС мають при прогнозуванні виникнення та поширення пожеж, адже мова йде про радіоактивно-забруднену територію, а також відстежувати явища та випадки, пов'язані з незаконними діями на території заповідника.

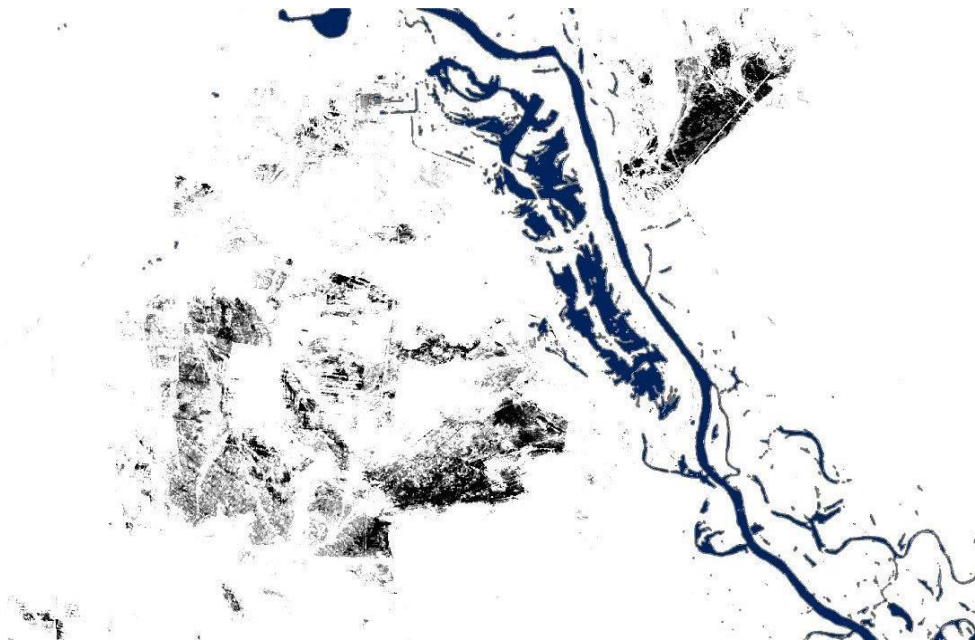


Рис. 3.21. Приклад виділення ділянок, що були уражені пожежами 2020 р.

Оцінка наслідків воєнних дій на території об'єктів ПЗФ. Особливий науковий інтерес представляють нині території, які зазнавали впливу техногенної діяльності людини, забруднені хімічними речовинами різного походження, а також у нинішній час зазнали впливу військових дій внаслідок російсько-української війни 2022 р.

Збройні конфлікти завжди переслідували людство протягом усієї історії його існування. Їх наслідками є загибель багатьох мільйонів людей у різних країнах. Однак, окрім вираженого негативного впливу на людський фактор, війни наносять шкоду різних масштабів навколишньому середовищу. Проте екологічні дослідження наслідків воєн обмежені та фрагментовані. Низка дослідників вказують на глибинний зв'язок між війнами та змінами у

навколишніх екосистемах¹⁰⁸. Лише у 21 столітті мали місце 19 збройних конфліктів, у тому числі російське вторгнення в Україну у 2022 р. – повномасштабна фаза війни, яка розпочалася з «гібридної» у 2014 році. 24 березня 2022 році військове вторгнення Росії розпочалося з порушення державного кордону України зі сторони Чорнобильської зони відчуження.

Ця територія протягом майже 36 років є зоною з особливим режимом відвідування, а людська діяльність у ній була мінімізована та переважно обмежувалася обслуговуванням центральної «промислової зони» навколо комплексу атомної електростанції та місць захоронення радіоактивних відходів. У 2016 році більшу частину CEZ України було визначено Чорнобильським радіаційно-екологічним біосферним заповідником (2270 км²). Зона відчуження неодноразово потерпала від масштабних катастрофічних антропогенних та природних катаклізмів, починаючи від аварії на ЧАЕС у 1986 році і закінчуючи масштабними лісовими пожежами, найбільш небезпечні з яких були у 1992, 2015 та 2020 рр. Під час збройних конфліктів слід зосередити особливу увагу на екологічних наслідках конкретних видів діяльності, пов'язаних із війною, таких як побудова військових споруд, пов'язаних з порушеннями ґрунтового покриву та деревної рослинності, вибухи, замінування, забруднення поля бою та ін.

Військові конфлікти вважаються «помножувачем загрози» зміни клімату, що впливає на національну безпеку та післявоєнне відновлення екосистемних послуг, як критичну для відновлення миру (CNA 2007)¹⁰⁹. Прикладом такої території є зона відчуження, яка є епіцентром аварії на ЧАЕС. Світові експерти погоджуються, що це найстрашніша ядерна катастрофа в історії. У зазначеній зоні радіоактивний вплив катастрофи на навколишнє середовище та його мешканців досяг найвищого, найбільш смертоносного рівня. У результаті населення було евакуйовано в небачених раніше для мирного періоду масштабах, промислова та сільськогосподарська діяльність були припинені, а ферми та фабрики спустошені. З території зони відчуження в межах України були евакуйовані мешканці 74 населених пунктів (включаючи міста Прип'ять та Чорнобиль).

Пізніше, після уточнення радіаційної обстановки, було розпочато поступове відселення жителів з населених пунктів, розташованих, переважно, на захід від зони відчуження – із зони безумовного (обов'язкового) відселення. Тут було проведено повне виселення із 48, часткове – із 37 населених пунктів. Проблемою заповідника є фрагментарність інформації про особливості перетворення антропогенних ландшафтів у природні, адже з 1986 по 2016 рр. вся наукова діяльність була направлена переважно на дослідження радіаційної ситуації. Таким чином, застосування ГІС у даному випадку обумовлена великою площею об'єкту,

¹⁰⁸ Gary E. Machlis, Thor Hanson. Warfare Ecology. *BioScience*. 2008. Vol. 58, Iss. 8. P. 729–736. URL: <https://doi.org/10.1641/B580809>

¹⁰⁹ Butts K. H., Bradshaw A. L. Jr. Military Education Workshop Addresses Threats to Stability and Security. *Center for Strategic Leadership / US Army War College*. 2007. Vol. 8-07. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA515486.pdf>

складністю техногенної обстановки (радіаційне забруднення) та відсутністю єдиної бази даних за роки, що передували створенню заповідника¹¹⁰.

На території зони відчуження виконуються такі завдання: виведення з експлуатації ЧАЕС, поводження з радіоактивними відходами, забезпечення бар'єрної функції ландшафтів у нерозповсюдженні радіонуклідів, підтримання території у безпечному стані та забезпечення інфраструктури. Разом з тим вся антропогенна діяльність зосереджена на площі 5-10% від загальної території зони. На всій іншій території, після гострої фази ліквідації аварії (1986-1988 рр.), розпочалися процеси відтворення природних комплексів. З'явилося «вікно можливостей» використання цієї території для збереження та відновлення біорізноманіття, створення екосистемних послуг.

У 2022 році ця територія стикнулася з новими викликами – замінування території та порушення низки об'єктів інфраструктури тощо (рис. 3.22).



Рис. 3.22. Порушення інфраструктури на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника у 2022 р.

Альтернативним шляхом отримання першочергових даних про такі порушення є космічні знімки території, що були зроблені до аварії, до вторгнення російських військ, у період їх перебування на території

¹¹⁰ Fedonyuk R., Fedonyuk T. Aerotechnogenic pollution of agricultural landscapes by inorganic dust on the example of zhytomyr eastern industrial hub. *Scientific Horizons*. 2019. № 1. P. 52–62. URL: <https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-74-1-52-62>

заповідниками тощо. У перспективі моніторинг змін біологічного різноманіття та стану екосистем на території заповідника під впливом вищезазначених антропогенних впливів надасть змогу відслідковувати екосистемні зміни у динаміці, якщо буде відбуватися фіксація, збереження та візуалізація просторово-координованих даних та проводитися просторовий аналіз екологічних даних.

Окрім матеріальних збитків та негативних екологічних наслідків, будь-які антропогенні втручання в зоні відчуження потенційно можуть змінити радіоекологічну обстановку, викликавши повторне перенесення радіонуклідів. Основним радіонуклідом, який сприяє потужності гамма-дозы CEZ, є ^{137}Cs , при цьому концентрації активності в деяких ґрунтах CEZ, ймовірно, найвищі на землі. Нещодавно були виміряні значення в діапазоні від 105 до 106 Бк кг-1 сухої маси¹¹¹.

24 лютого 2022 р. на території Чорнобильської зони з'явилися колони російської техніки в зоні відчуження, її переміщення обумовило підняття пилу з поверхні ґрунту та, відповідно, переміщення радіоактивних частинок та загального підвищення радіаційного фону. Російські окупанти зайняли територію, що містить паливо з виведених з експлуатації реакторів, місця поховання радіоактивних відходів і сильно забруднене навколишнє середовище. 24 лютого 2022 року близько 17 години внаслідок військового нападу всі об'єкти ДСП ЧАЕС, що знаходяться у зоні відчуження: сховища відпрацьованого ядерного палива – СВЯП-1, СВЯП-2; новий безпечний конфайнмент об'єкта «Укриття»; блоки №№ 1, 2, 3 ЧАЕС на етапі зняття з експлуатації, були взяті під контроль російськими збройними силами. Атомні електростанції, інші ядерні і радіаційні об'єкти України є об'єктами мирного використання ядерної енергії, вони не розраховані на ведення військових дій і не мають піддаватись нападу, відповідно до статті 56 Додаткового протоколу до Женевських конвенцій від 12 серпня 1949 року що стосується захисту жертв міжнародних збройних конфліктів (Протокол I), від 08 червня 1977 року (рис. 3.23).

Під час їх перебування на території зростання потужності про збільшення потужності дози гамма-випромінювання було зафіксоване і автоматичною системою контролю радіаційної обстановки (АСКРО), яка включає 66 пунктів контролю на території чорнобильської зони. За даними автоматизованих систем радіаційного контролю 24 та 25 лютого 2022 року в зоні відчуження зафіксовано наступні дози гамма-опромінення: пожежне депо – 9460, при середньорічній дозі у 2021 на рівні 1900; Станція Янів – 3460, при середньорічній на рівні 670; Машево – 8040, при середньорічній на рівні 840; Красне – 3340, при середньорічній на рівні 720; Зимове – 8220, при середньорічній на рівні 780; «Вектор» – 2050, при середньорічній на рівні 130 (рис. 3.24).

¹¹¹ Beresford N. A., Scott E. M., Copplestone D. Field effects studies в Chernobyl Exclusion Zone: Lessons to be learnt. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2020. Vol. 211. Art. 105893.



Рис. 3.23. Переміщення російської техніки на території зони відчуження

24 лютого 2022 р. у Чорнобильській зоні відчуження фіксувався підвищений радіаційний фон, оскільки важка бронетехніка та інший транспорт переміщуються по забрудненим ґрунтам і піднімають радіоактивний пил у повітря.

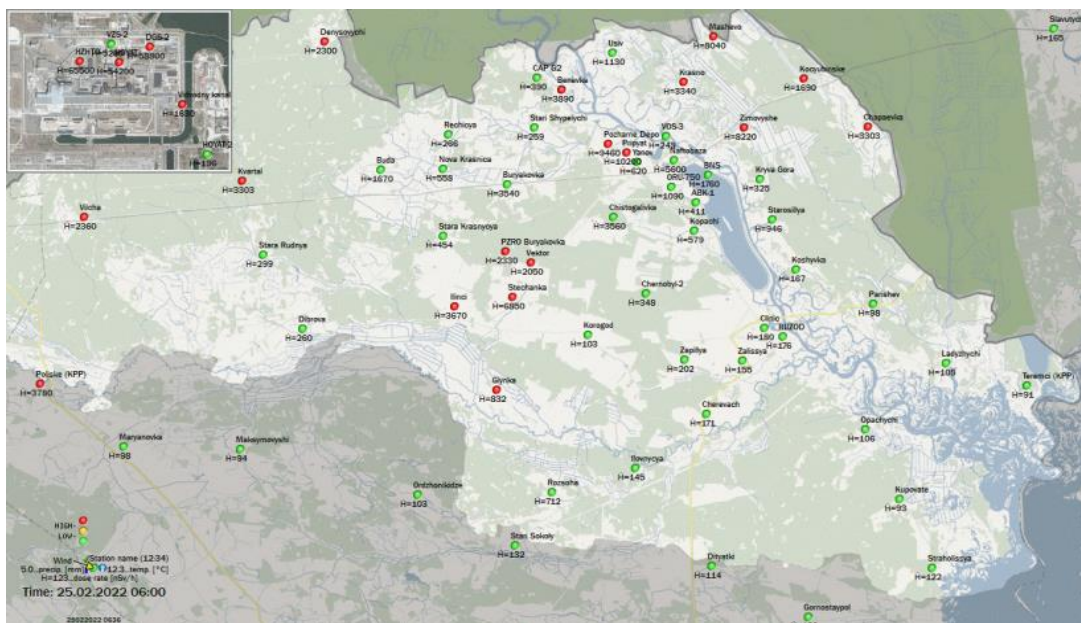


Рис. 3.24. Радіаційний фон на території зони відчуження 24-25 лютого 2022 року (за даними автоматичної системи контролю радіаційної обстановки (АСКРО))

З 24-25 лютого 2022 р. під час захоплення російськими військами Чорнобильської зони відчуження радіаційний фон був перевищений до 7,6 разів. Починаючи з 24 лютого 2022 року, очевидно, підвищеному радіаційному фону у Чорнобильській зоні відчуження сприяло переміщення важких броньованих машин та іншої техніки, яка пересувалася забрудненою територією та підіймала в повітря радіоактивний пил. 24-25 лютого 2022 рік, коли російські солдати захопили Чорнобильську зону відчуження, радіоактивний фон перевищив норму у 7,6 рази.

3.2. Використання геоінформаційних технологій в системі забезпечення біобезпеки та біологічного захисту ландшафтів

Поширення видів рослин і тварин за межі їх природних ареалів з кожним роком набуває все більших масштабів, а чисельність видів, що відносять до категорії «інвазивних» стає дедалі більшою. У багатьох регіонах світу екосистеми ослаблені забрудненням, зміною клімату та фрагментацією. І поширення там інвазійних чужорідних видів є зростаючим тиском на природні екосистеми, який важко стримувати та прогнозувати.

Глобальна стратегія з проблем поширення інвазійних неаборигенних видів та Європейська стратегія з проблем інвазійних неаборигенних видів відкрили нові перспективи та окреслили принципово нові підходи до вирішення зазначених проблем. На підставі цієї Стратегії в Україні у 2019 році було прийнято Національну стратегію щодо поводження з видами-вселенцями інвазійними чужорідними видами флори і фауни в Україні на період до 2030 року, а 7 липня 2022 року Розпорядженням № 573-р Кабінету Міністрів України затверджено План заходів з реалізації Стратегії біобезпеки та біологічного захисту на 2022-2025 роки¹¹².

Наразі навчально-науковим центром екології та охорони навколишнього середовища Поліського національного університету спільно Чорнобильським радіаційно екологічним біосферним заповідником зніційовано створення регіональних баз даних щодо поширення інвазивних чужорідних видів рослинного світу (карантинні види: Амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), Повитиця польова (*Cuscuta campestris* Yunk) та види трансформери: Дуб червоний (*Quercus rubra* L.), Акація біла (*Robinia pseudoacacia* L.), Клен американський (*Acer negundo* L.), Ехіноцистис лопатевий (*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray), Ірга колосиста (*Amelanchier spicata* (Lam.) K.Koch), Розрив-трава дрібноквіткова (*Impatiens parviflora* DC.), Борщівник Мантегацци (*Heracleum mantegazzianum* Sommier

¹¹² European green deal: Experience of food safety for Ukraine / Skydan O. V., Dankevych V. Y., Fedoniuk T. P. et al. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2022. Vol. 9, № 2. P. 63–71. URL: <https://doi.org/10.21833/IJAAS.2022.02.007>

& Levier) та борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskii* Manden), Золотушник канадський (*Solidago canadensis* L.) як потенційної частини державного кадастру рослинного світу.

Прикладом успішного використання баз даних та GIS-технологій в природоохоронній діяльності є відслідковування поширення та оцінка сучасного стану інвазійних чужорідних видів, що становлять загрозу природним екосистемам та біорізноманіттю України, їхньої різноманітності, територіальної диференціації, регіональної насиченості із застосуванням GIS-технологій для подальшої інтеграції у відкриту базу даних та створення картосхем їх поширення. Згідно Розпорядження Кабінету Міністрів України від 7 липня 2022 р. № 573-р «Про затвердження плану заходів з реалізації Стратегії біобезпеки та біологічного захисту на 2022-2025 роки» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/573-2022-%D1%80#top>) ці питання набули загальнодержавного значення.

Відкриті бази даних щодо поширення видів можуть слугувати для вирішення кількох важливих проблем – це відслідковування та прогнозування поширення існуючих та появу нових, нехарактерних для конкретного регіону, видів. Дистанційне зондування (ДЗ) і географічна інформаційна система (ГІС) можуть сприяти цьому, наприклад, через картографування фактичного поширення інвазій або прогнозування поширення для територій, яким загрожує вторгнення. Потенційно ГІС можна також використовувати як інструмент синтезу для управління втручаннями, спрямованими на контроль інвазивних видів.

Цей інструмент має значні переваги, які полягають у можливостях аналізу мультиспектральних даних, багаточасове покриття та можливість віддаленого аналізу. Значно полегшили дослідження поширення інвазивних видів колекціонування та обробка даних, що надало можливості для вивчення складних географічних типів рельєфу та різноманітних важкодоступних екосистем¹¹³. Технологія дистанційного зондування має багато властивостей корисних для виявлення, картографування та моніторингу інвазивних видів. Як відомо, просторова неоднорідність ускладнює вивчення сезонних і довгострокових тенденції біологічної інвазії.

Інтегрована ГІС і дистанційне зондування вже успішно працюють для картографування поширення від кількох індивідуумів рослин і тварин до видів, екосистем, ландшафтів, біокліматичних умов, а, відповідно, і для ідентифікації факторів, що сприяють інвазіям. Картографування типу та масштабів біоінвазій, впливу неконтрольованого поширення або потенційних ризиків вторгнень вимагає точної оцінки та моделювання поширення видів. Тому при використанні ГІС-технологій для аналізу поширення інвазивних видів можна застосовувати кілька підходів:

¹¹³ Influence of landscape organization on surface-water quality forming on an example of ustyia river basin (Ukraine) / Fedoniuk T. P., Zymarioieva A. A., Pazych V. M., Petruk A. A. *Ecologia Balkanica*. 2021. Vol. 13, № 2. P. 1–21.

1. Візуалізація фактичного (потенційного) розподілу видів (індивідуумів) у просторі. Це підхід реалізується створення на національному чи континентальному рівні карт інвазивних видів, що формуються через інтерполяції даних, зібраних у багатьох спостереженнях і зберігаються в гербаріях, колекціях та базах даних. Прикладами інформаційних інтернет-ресурсів для збору таких даних є Ukrainian Biodiversity Information Network, UkrBin, iNaturalist та ін. На рис. 3.25 показані результати збору даних щодо поширення карантинного виду Амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.) на території України на ресурсі Ukrainian Biodiversity Information Network.

Наразі, супутникові знімки доступні для більшості регіонів світу з 1972 р. Багаточасовий характер супутникових знімків дозволяє контролювати динамічні особливості ландшафту і, таким чином, надає засоби для виявлення великих змін земного покриву та кількісно визначити темпи змін.

У попередніх дослідженнях нами вже були виявлені потенційно небезпечні види. Наприклад, *Utricularia australis*, яка на території України занесена до Червоної книги України зі статусом «вразливий». Близько 20 років тому на території України вид був зареєстрований лише із Закарпатської області, а згодом поширився на територію Західної України (рис. 3.26).

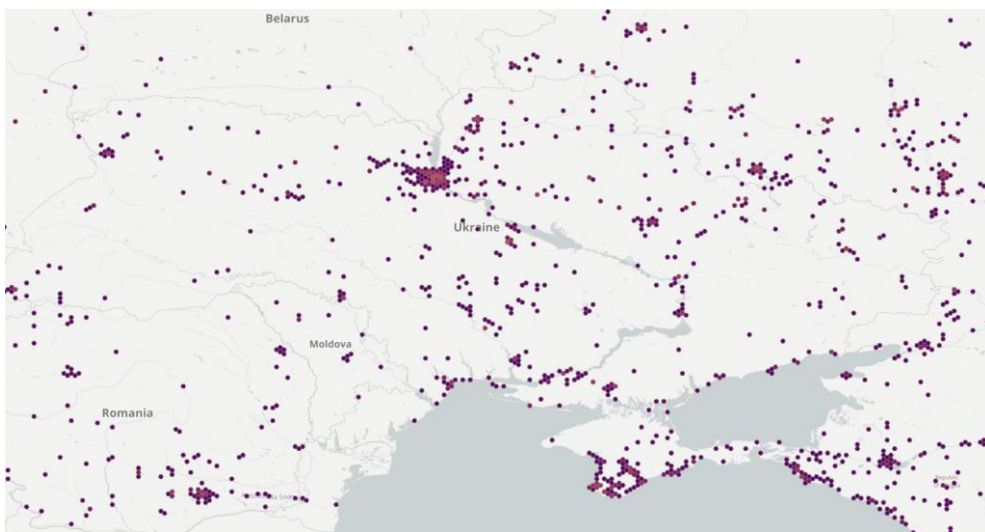


Рис. 3.25. Поширення карантинного виду: Амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L. на території України (ресурс: Ukrainian Biodiversity Information Network)

Використовуючи сучасні бази даних щодо поширення видів (Ukrainian Biodiversity Information Network, UkrBin та власні результати досліджень) було зареєстровано нові місця.

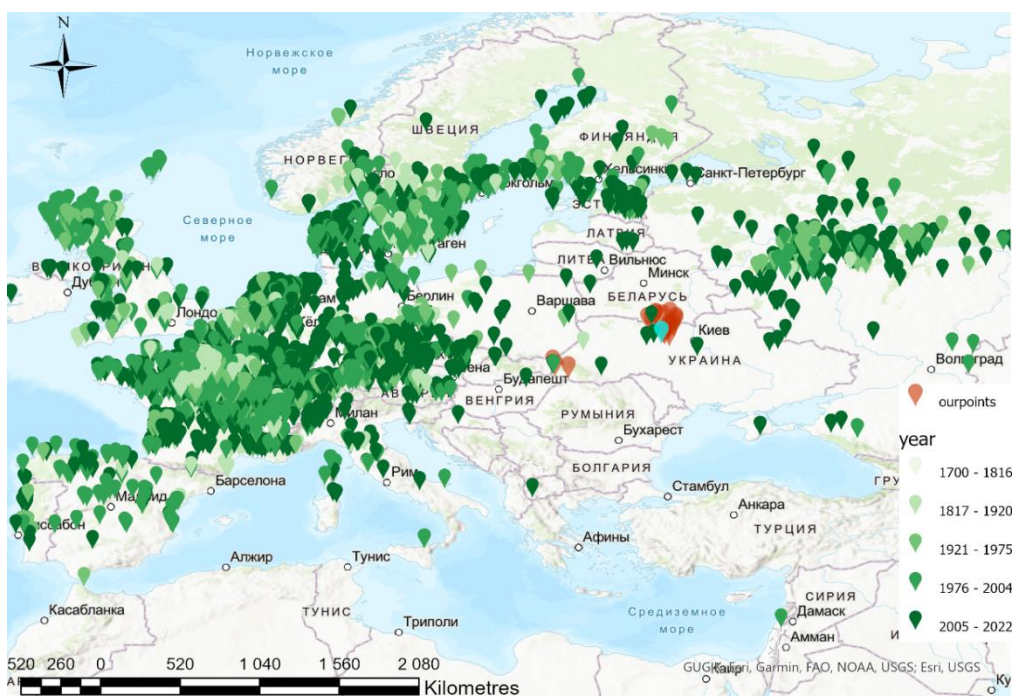


Рис. 3.26. Поширення *Utricularia australis* у світі (ресурс: ¹¹⁴, ¹¹⁵)

Раніше було описано, що оптимальний ріст *Utricularia* був пов'язаний із сонячними місцями та мілководдям з низьким вмістом неорганічного фосфору ($<10 \text{ мкг} \cdot \text{дм}^{-3}$), але підвищеним вмістом азоту ($800\text{--}1600 \text{ мкг} \cdot \text{дм}^{-3}$). У цьому дослідженні відмічено більш широкий діапазон адаптацій щодо вмісту органічних елементів у воді, що підтверджують і карти міграції даного виду територією України протягом останніх 20 років.

Кліматичні умови України сприятливі для поширення та формування фітоценозів за участю *U. australis*, особливо за термокліматичними, кріотермічними та континентальними характеристиками. З цієї причини *U. australis* вважається європним видом, який характеризується широкою екологічною амплітудою по відношенню до основних гідрохімічних параметрів у місцях існування.

Стійкість до зростання в штучних або природних біотопах, у широкому діапазоні гідрохімічних показників, у тому числі у сильно забруднених водоймах, дозволяє прогнозувати подальше поширення цього виду в Україні та збільшення кількості його локалітетів на території країни. Сучасний статус виду в Червоній книзі України – «вразливий». На підставі проведеного ГІС-аналізу встановлено, що статус цього виду потребує подальшого перегляду.

¹¹⁴ Distribution and ecological growth conditions of *utricularia australis* R. br. in Ukraine / Orlov O. O., Fedoniuk T. P., Iakushenko D. M. et al. *Journal of Water and Land Developmen*. 2021. Vol. 48, № 1–3. P. 32–47. URL: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136144>

¹¹⁵ GBIF. 2022. URL: <https://doi.org/10.15468/dl.hspebk>

Також, подібні результати отримані в результаті серії досліджень видової ідентифікації представників роду *Lemna* (Lemnaceae) (проведені у 2019 р.) (рис. 3.27).

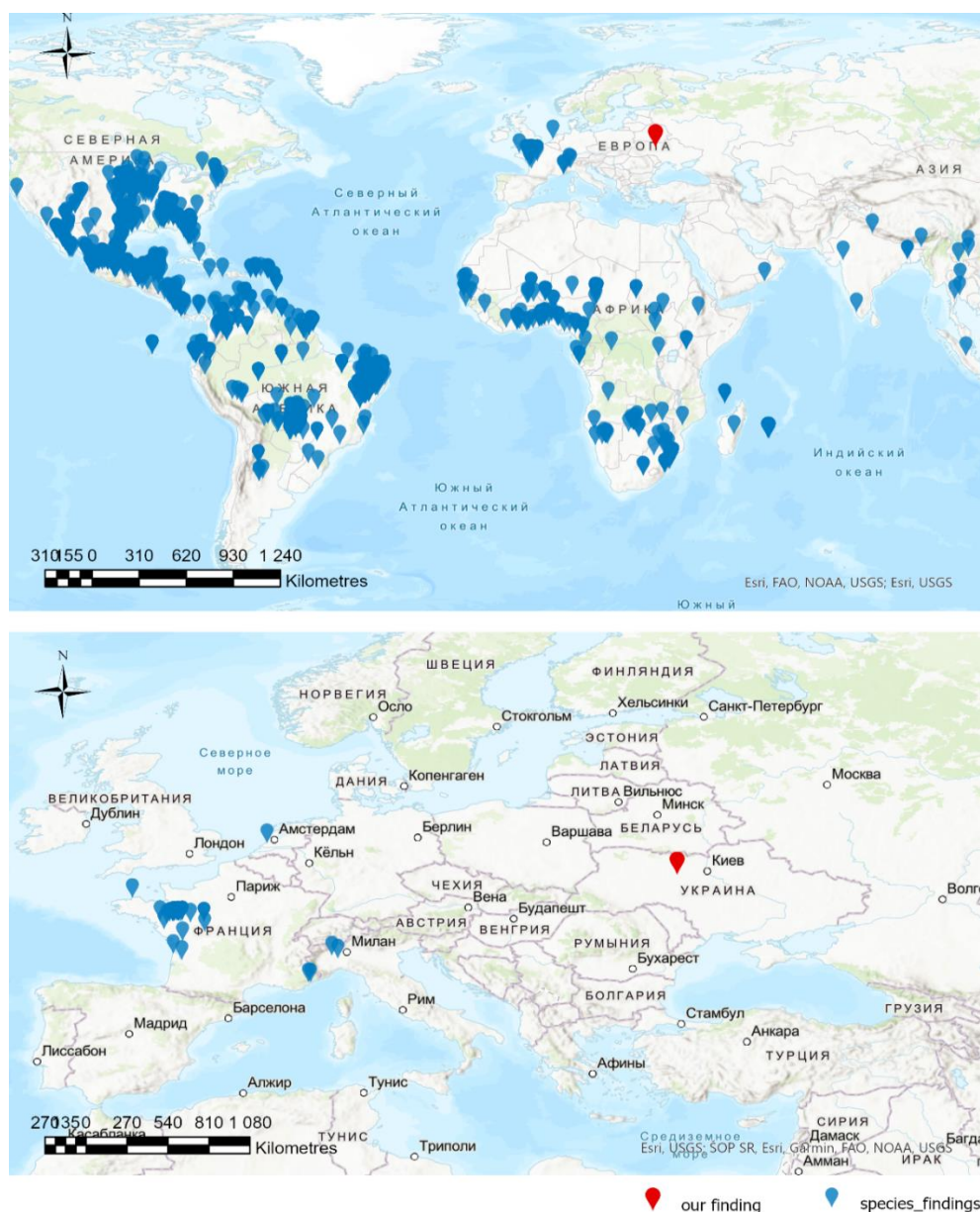


Рис. 3.27. Сучасне поширення *Lemna aequinoctialis* Welw. у світі (ресурс:^{116, 117})

¹¹⁶ *Lemna aequinoctialis* migrates further into temperate continental Europe – A new alien aquatic plant for Ukraine / Fedoniuk T., Bog M., Orlov O., Appenroth K. J. *Feddes Repertorium*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1002/fedr.202200001>

¹¹⁷ GBIF. 2022. URL: <https://doi.org/10.15468/dl.hspebk>

Зразки ряски відібрано в північних регіонах України та проаналізовано видову ідентичність за морфологічними та молекулярними ознаками маркери (штрих-кодування).

В результаті був виявлений новий чужорідний для України вид ряски – *Lemna aequinoctialis* Welw. Тому, наразі нами здійснено найбільш повний опис розподілу *Lemna aequinoctialis* Welw. в Європі, а також містить оновлені дані про поширення видів ряски в Україні¹¹⁸. Так, за даними інформаційних інтернет-ресурсів, встановлено, що у світі налічується 14 видів роду *Lemna* L. У Переліку судинних рослин України зареєстровано 4 види роду *Lemna*: *Lemna gibba* L., *L. minor* L., *L. trisulca* L. і *L. minuta* Kunth¹¹⁹. У нашому дослідженні методом ДНК-діагностики виявлено ще один адвентивний вид ряски, виявлений на півночі України (с. Левків Житомирської області), який можна визначити як новий для України адвентивний вид ряски – ряску малу (*Lemna aequinoctialis*). Welw.). Так, на даний час в Україні налічується 6 видів роду *Lemna* – три аборигенних і три адвентивних.

Наразі, методами ГІС-аналізу нам вдалося відслідкувати та ідентифікувати імовірні шляхи надходження даного адвентивного виду на територію України.

1. Методи дистанційного зондування. Дистанційне зондування дає синоптичний огляд поверхні землі. Аерофотозйомка може бути використана для оцінки рослинності та характерних ознак деяких видів рослин, таких як архітектура крони, вегетативна щільність, опушення листя та фенологічна стадія тощо. Фото- та відеозйомка з космічних апаратів та дронів нещодавно з'явилися як дешева, легкодоступна та гнучка альтернатива стандартній фотографії, особливо коли дані мають бути отримані у цифровому форматі. Існують системи, які також охоплюють ближній інфрачервоний (NIR) та інфрачервоний (IR) діапазони. Мультиспектральні сканери реєструють відбиваючу здатність у ряді спектральних смуг по всій видимій частині електромагнітного спектру. Широкосмугові сканери мають кілька спектральних смуг шириною в 100 нм і більше. Гіперспектральні сканери мають більше (від десятків до кількох сотень), але вузьчі (від десятків до кількох нм) спектральні смуги. Широкосмугові сканери були успішно застосовані для розрізнення широких типів ґрунтового покриву, таких як ліси, оголені ґрунти та забудовані території. Вища спектральна роздільна здатність гіперспектральних сканерів дозволяє розрізняти більш тонкі відмінності, наприклад між окремими видами. На це впливають атмосферні умови. Крім того, зменшення спектральної (ширина смуги) і просторової (розмір пікселів) роздільної здатності негативно впливає на це

¹¹⁸ *Lemna aequinoctialis* migrates further into temperate continental Europe – A new alien aquatic plant for Ukraine / Fedoniuk T., Bog M., Orlov O., Appenroth K. J. *Feddes Repertorium*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1002/fedr.202200001>

¹¹⁹ Phytocenological approach in biomonitoring of the state of aquatic ecosystems in ukrainian polesie / Fedonyuk T. P., Fedoniuk R. H., Zymarioieva A. A. et al. *Journal of Water and Land Development*. 2020. Vol. 44. P. 65–74. URL: <https://doi.org/10.24425/jwld.2019.127047>

співвідношення. Сучасні сканери SPOT HRIV і Landsat TM підтримують прийнятне співвідношення сигнал/шум із розміром пікселя в діапазоні 10 - 20 м для спектральної роздільної здатності в порядку 50-100 нм. Для панхроматичних супутникових зображень, таких як IKONOS, отримується роздільна здатність 1 м. Гіперспектральні сканери, такі як MODIS, записують інформацію високої спектральної роздільної здатності з розміром пікселя 250 метрів.

Дані, отримані пристроями дистанційного зондування, будуть безпосередньо пов'язані з властивостями цього покриву. Нині є можливим здійснення класифікації деяких видів, яке ґрунтується на здатності покриву екосистеми (чи то рослинність, чи то фауна) відображати (відбивати) електромагнітне випромінювання, яке вловлюється пристроями дистанційного зондування. Таким способом легко виявляються домінуючі види в пологах лісу, на полях, поверхні чи товщі водойм. Наприклад, коли кілька інвазивних видів домінують у пологах земної поверхні, утворюючи однорідні одновидові насадження, які поширюються на значних площах. Такі маніпуляції можливі для більшості лісових екосистем з великою кількістю видів дерев, таких як Дуб червоний (*Quercus rubra* L.), Акація біла (*Robinia pseudoacacia* L.), Клен американський (*Acer negundo* L.) тощо. Домінування інвазивних видів серед «загарбників» не обмежується видами дерев, це також зустрічається в травах (наприклад, карантинні види: Амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), Повитиця польова (*Cuscuta campestris* Yunk) та види трансформери: Ехіноцистис лопатевий (*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray), Ірга колосиста (*Amelanchier spicata* (Lam.) K.Koch), Розрив-трава дрібноквіткова (*Impatiens parviflora* DC.), Борщівник Мантегацци (*Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier) та борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskii* Manden), Золотушник канадський (*Solidago canadensis* L.) та ін.), плаваючих (Водний гіацинт (*Eichhornia crassipes*), Водяний горіх (*Trapa natans*) Аїр звичайний (*Acorus calamus* L.), Водяний оксамит (*Azolla caroliniana* Willd.) та ін.) і занурених водних рослинності (вид трансформер - Елодея канадська (*Eloдея canadensis* Michx) та ін.).

Деякі з зареєстрованих інвазивних видів домінують у товщі водних екосистем. Для цих екосистем методи дистанційного зондування, описані досі, обмежені, оскільки занурені організми відбивають мало світла. Однак за допомогою ручного радіометра з фіксованою смугою, налаштованого для збору даних у Landsat TM це також можливо. Поширення деяких макрофітів можна пов'язувати з факторами навколишнього середовища, що впливають на ріст водних рослин, використовуючи карти внесення гербіцидів і статистичні дані про поживні речовини, розчинений кисень, біологічну потребу в кисні та каламутність на основі ГІС.

Виконуючи просторову кореляцію, інструменти ГІС часто ідентифікують інвазивні види через їх вплив на домінуючі види рослин. Мають певне підґрунтя можливості застосування дистанційного зондування для досліджень інвазійних видів підліску. Прикладами цієї категорії є такі

види рослин, як *Chromolaena odorata*, *Ulex europaeus*, *Clidemia hirta*, *Lantana camara*, *Mimosa pigra*, *Psidium cattleianum*, *Rubus ellipticus*, *Schinus terebinthifolius* та більшість інвазивних видів тварин. Більшість інвазійних тварин, а також представників нижчої флори, трав, чагарників і фауни є «мешканцями» підліску, що робить дослідження їх за допомогою методів прямого дистанційного зондування майже неможливим. Тим не менш, поєднання методів дистанційного зондування, ГІС та експертних знань все ще пропонує потенціал для виявлення інвазії підліску шляхом розробки моделей і карт ризиків. Це може допомогти передбачити ймовірність фактичних і потенційних місць і територій, де екологічні умови сприятливі до поширення інвазивних видів.

3. Моніторинг та прогнозування ризиків поширення інвазивних видів. Прогнозування ймовірності біологічного вторгнення та ймовірних інвазій було давньою метою екологів. Основний виклик для ГІС-технологій у даній сфері полягає в розробці моделей прогнозування імовірної або наявної небезпеки появи та поширення інвазії. Інтродуковані види різняться за своєю інвазивною поведінкою в різних регіонах. Передбачити екологічну поведінку виду в новому середовищі може бути фактично неможливим. Наслідки певного порушення залежать від властивостей екосистеми чи спільноти. Необхідно оцінювати зміни не з точки зору видових особливостей, а скоріше з точки зору екологічних ефектів. Оцінити чисельність видів тварин, чисельність популяції та пов'язані з ними особливості досить складно порівняно з рослинами. Чіткий взаємозв'язок прослідковується у більшості випадків між характеристиками забруднення навколишнього середовища і динамікою видового різноманіття, а відповідно успішним поширенням та розселенням чужорідних видів. Використання інтегрованого мультимедійного підходу в базі даних рослинності для інвазивних видів забезпечує унікальний спосіб представлення географічних об'єктів і пов'язаної з ними інформації про взаємозв'язки між флорою, фауною та діяльністю людини¹²⁰. Застосування цих багатообіцяючих кількісних підходів в інтегрованому середовищі ГІС може дозволити нам більш успішно передбачати моделі поширення інвазій. Для моніторингу та боротьби з комахами-шкідниками, такими як гвинтоподібний черв'як (шкідник великої рогатої худоби), пустельна сарана (шкідник сільського господарства, що залежить від опадів) і ціанобактерії (запобігання «цвітіння» водойм), супутникові засоби та одночасне використання їх даних можна використовувати для широкого спектру цілей.

Сільськогосподарські культури можна регулярно моніторити та прогнозувати їх економічну ефективність, з метою регіонального раннього діагностики та попередження втрат врожаїв чи зараження шкідниками, або фенологічного картографування природної рослинності (рис. 3.28).

¹²⁰ Romanchuck L. D., Fedonyuk T. P., Fedonyuk R. G. Model of influence of landscape vegetation on mass transfer processes. *Biosystems Diversity*. 2017. Vol. 25 (3). P. 203-209. URL: <https://doi.org/10.15421/011731>

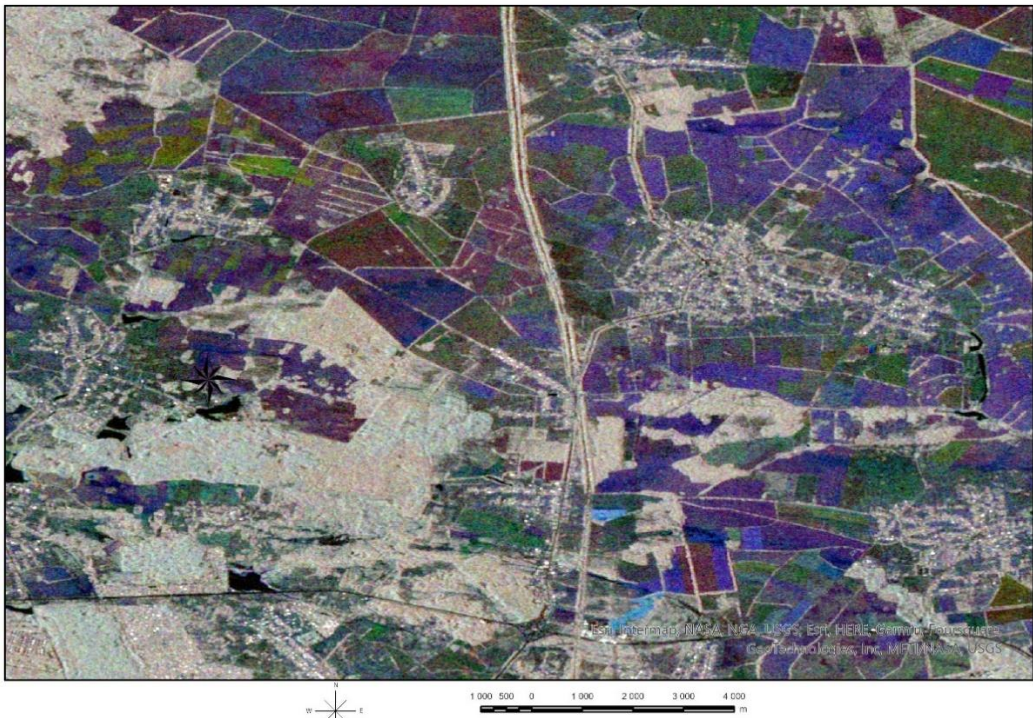


Рис. 3.28. Приклад ідентифікації біорізноманіття агроландшафтів Житомирської області на основі обробки знімків радіолокаційного космічного апарату Sentinel-1 з подальшою верифікацією результатів

Одним із ключових питань при виникненні інвазій є оцінка потенційних масштабів їх поширення. Усі спостереження залежать від просторового масштабу, розміру досліджуваної області та роздільної здатності дистанційного датчика. «Правильного» масштабу не існує; це залежить від мети дослідження. Однак у більшості випадків ландшафтний масштаб використовується як відповідний масштаб для моделювання. В таких умовах дані LANDSAT TM і SPOT із наземною роздільною здатністю 30 і 20 метрів відповідно не прийнятні для картографування на рівні видів, якщо тільки поширення інвазивних видів не є настільки масштабним. Тобто, такий метод прийнятний лише для картографування та моделювання зараження ландшафтів домінуючими видами рослин.

Сучасні розробки сенсорних технологій мають потенціал для підвищення точності картографування рослинності та її продуктивності. Дані дистанційного зондування з високою просторовою (менше або дорівнює 1 м), але низькою спектральною роздільною здатністю, дозволяють здійснювати картографування деяких інвазивних видів з точністю 75-95%. Отже, для вирішення даних задач, слід відзначити першочергову важливість роздільної здатності зображення, спектральних характеристик, та віддати перевагу в цих умовах аерофотознімкам. Це також чітко показує, що для точного картографування інвазивних видів важливо брати до уваги фенологічну

стадію при створенні аерофотознімків або зображень. Незважаючи на те, що висока спектральна та просторова роздільна здатність дає можливість класифікувати домінантні види рослин, точна класифікація видів все ж є доволі складною задачею. Кілька таких досліджень спектральних властивостей інвазивних видів були отримані, в основному за допомогою аерофотозйомки на низькій висоті або польових спектрографів^{121,122}. Однак інформація, що надходить до віддаленого спостерігача, буде мінімальною. Інші фактори, такі як атмосферний шум, вологість, тіні, особливості ґрунтового покриття а також фізіологічні особливості рослин, такі, наприклад, як вікові зміни орієнтації листя, варіація індексу площі листя, різні нахили місць, де знаходяться особини, можуть ускладнити ідентифікацію виду. Тому визначити ідеальні довжини хвилі для розрізнення, коли угруповання складає велика кількість інвазивних видів неможливо. Крім того, якщо кількість інвазивних видів на піксель збільшується, труднощі в ідентифікації окремих компонентів, які вносять внесок у змішаний спектр, також зростають. Ці проблеми ще більше посиляться, якщо мінливість видів у спектральних ознаках буде високою. Таким чином, для деяких інвазивних видів перспективи прямого дистанційного моніторингу з можливістю правильної ідентифікації всіх особин за допомогою прямого картографування доволі сумнівні.

Незважаючи на те, що використання GIS-методів для картографування інвазивних видів і інвазивних екосистем швидко зростає, здатність методів дистанційного зондування та ГІС-технологій відстежувати зміни в різних екосистемах може мати вирішальне значення, якщо потрібно оцінити масштаби поширення, або наслідки для зміни структури екосистем. Розвиток дистанційного зондування та GIS картографування у сфері особливостей поширення біоінвазій призвело до розробки різноманітних методів картографування, однак все ж технологія потребує подальшого розвитку з точки зору застосування в реальному світі для картографування інвазивних видів. Крім того, картографування, моделювання та прогнозування біологічних інвазій все ще залишатимуться серйозною проблемою для екологів, оскільки біологічні процеси дуже складні. Ця складність ускладнює пошук або окреслення вторгнень, які відбуваються в різноманітних екосистемах. Хоча наразі дослідження обмежені кількома таксонами, дослідження виявили потенціал дистанційного зондування та застосування ГІС для картографування та моделювання інвазивних видів. Застосування дистанційного зондування сильно обмежене при роботі з найгіршими у світі видами рослин та більшістю видів тварин. Однак, прогрес буде прискорений, якщо екологи та експерти з дистанційного зондування приймуть інтегровані

¹²¹ Application of geographically weighted principal components analysis based on soybean yield spatial variation for agro-ecological zoning of the territory / Zymarioieva A., Zhukov O., Fedonyuk T., Pinkin A. *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17 (6). P. 2460–2473. URL: <https://doi.org/10.15159/AR.19.208>

¹²² Phytocenological approach in biomonitoring of the state of aquatic ecosystems in ukrainian polesie / Fedonyuk T. P., Fedoniuk R. H., Zymarioieva A. A. et al. *Journal of Water and Land Development*. 2020. Vol. 44. P. 65–74. URL: <https://doi.org/10.24425/jwld.2019.127047>

підходи до своїх досліджень «вторгнень» чужорідних видів, включаючи методи ГІС і ДЗ, моделювання, мета-аналіз дослідження існуючих концепцій і повне використання доступних моделей до і після вторгнення щоб перевірити нові концепції. Наразі ж просторовий, спектральний і часовий аналіз зображень є особливо перспективним, оскільки дозволяє окреслити межі екосистеми; біометрію видів, особливості наявних та потенційних їх ареалів поширення тощо.

3.3. Інтегрована система управління ризиками пожежної небезпеки лісових ландшафтів з використанням ГІС

У 2020 році Житомирщина понесла величезні збитки від лісових пожеж, наймасштабніші з яких сталися у Народицькому та Овруцькому районах області. У зв'язку з цим виникла необхідність розробки дієвих варіантів протипожежних заходів та зведення до мінімуму ймовірності виникнення пожеж на території Житомирської області. Через різке підвищення температури повітря на початку червня та невелику кількість опадів, зберігається складна пожежонебезпечна ситуація на території області. Пожежі, що відбулися в середині квітня, підтвердили той факт, що необхідна постійна профілактична робота в лісових господарствах. З цією метою на базі Поліського національного університету була створена робоча група щодо розробки інтегрованої системи попередження та ліквідації лісових пожеж.

Зміни клімату, часті спалахи хвороб і шкідників лісу разом з обмеженням лісогосподарської діяльності зумовлюють підвищення пожежної небезпеки лісу, а підвищення температури протягом пожежонебезпечного періоду, тривалі посухи, зливовий характер опадів та часті шквальні вітри сприяють становленню й утриманню високих класів пожежної небезпеки за умов погоди. Поєднання цих чинників з високими запасами горючих матеріалів, захаращеністю насаджень північних районів Житомирщини, в т.ч. територій, забруднених внаслідок аварії на ЧАЕС з наявністю великих площ сухостою, підвищує ризик виникнення катастрофічних лісових пожеж. Зокрема, такі фіксувалися у 1992, 2015 рр., коли пожежами пройдено 16 і 17 тис. га лісів відповідно та у 2020 р., де загальна площа пройдена вогнем становить близько 67 тис. га.

Великі лісові пожежі несуть в собі значні екологічні наслідки, які виявляються як в перенесенні радіонуклідів з димом, вторинному забрудненні суміжних територій, так і втраті бар'єрної функції через загибель лісу та вигорання живого надґрунтового покриву. Причому, погодні умови і накопичення лісових горючих матеріалів сприяють виникненню пожеж великих розмірів. Згарища, що виникають після пожеж, потребують вивчення процесів їх відновлення, зокрема зміни біорізноманіття, природного і

штучного відновлення лісу з метою визначення тривалості відновлення бар'єрної та інших функцій лісових ділянок.

Існує декілька базових причин такого кризового стану пожежної безпеки на Поліссі. У першу чергу це пов'язують з тим, що більшість лісів північних районів Житомирщини мають найвищі класи пожежної небезпеки – I та II, це переважно сухі бори та субори, де найбільшу частку становлять соснові насадження, які дуже легко займаються. Слід відзначити, що значна частка постраждалих територій належить до об'єктів природно-заповідного фонду – це території Природного заповідника «Древлянський» та Поліського природного заповідника. Ці території мають обмеження у проведенні лісгосподарських заходів, характеризуються захаращеними лісовими дорогами та тривалою відсутністю протипожежних заходів. Окрему проблему становлять факти підпалу місцевим населенням сухої трави, що призводить до виникнення пожеж на прилеглих ділянках лісу.

Пожежі у лісах Житомирщини у квітні 2020 року показали низьку інституційну спроможність країни до розв'язання проблеми, що проявлялося у нескоординованих діях учасників гасіння та попередження пожеж. Неефективними виявилися і дії державних органів авіаційної охорони лісів, пожежників та працівників лісових підприємств регіону. Крім того, підписана Україною Паризька кліматична угода (2015), передбачає не допустити зростання глобальної середньої температури повітря більше ніж 2°C. На жаль, щороку від впливу лісових пожеж втрачається від 0,285-8,76 тис. га лісових насаджень, тому, їх вуглецепоглиняльна здатність знижується, а обсяги викидів вуглекислого газу зростають, тоді як кліматично оптимізоване управління у лісовому господарстві (*Climate Smart Forestry*), навпаки, передбачає збільшення площ і захист лісових насаджень.

Зважаючи на загострення ситуації з виникненням пожеж в північних регіонах вже у травні місяці на позачерговому засіданні Державної комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій (Протокол № 9 від 22 травня 2020 року) розглянуто питання щодо розробки заходів з врегулювання проблеми щорічних масових пожеж, що виникають внаслідок самовільного випалювання рослинності та її залишків, при цьому окреслена необхідність приведення у відповідність із законодавством та удосконалення правил протипожежної безпеки в лісах України, правил протипожежної безпеки в агропромисловому комплексі України, правил протипожежної безпеки на територіях природно-заповідного фонду України.

У 2020 р. науковцями Поліського національного університету розпочато дослідження причин та наслідків пожеж, а також створення ГІС для території Житомирської області, яка дозволить об'єднати в межах однієї бази даних усі відомості про компоненти природно-територіальних комплексів, їх структуру та особливості задля досягнення єдиної мети – запобігання виникненню пожеж, а також оперативного та ефективного реагування у випадку їх допущення. Окрім цього, у квітні 2020 року фахівці університету вже

долучилися до роботи комісії щодо оцінки наслідків від пожеж в екосистемах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника.

З огляду на все вищезазначене, метою реалізації даної дорожньої карти було створення інтегрованої системи оцінки та управління ризиками екологічних катастроф та ліквідації наслідків лісових пожеж з використанням сучасних геоінформаційних систем та космічних технологій дистанційного зондування поверхні Землі. Інноваційна інтегрована система управління ризиками виникнення лісових пожеж передбачає апробацію алгоритмів збору та систематизації відповідних експедиційних та дистанційних даних, обґрунтування підходів до їх комплексного аналізу та напрямів використання результатів, а також рекомендації щодо стабілізації пожежної ситуації. Web GIS (на платформі ArcGis Online), що запропонована до використання в рамках дорожньої карти, включає дані щодо лісовпорядкування, наявних та проєктних протипожежних заходів, інфраструктури, населених пунктів, об'єктів з підвищеним пожежним ризиком, водних об'єктів, інформацію щодо мережі спостережних пунктів, карту радіоактивного забруднення лісів, мережу пожежних дільниць та відомості про їх мобільність, ретроспективні дані щодо виникнення пожеж, об'єкти природно-заповідного фонду, оптимальне місцезонашування об'єктів протипожежної інфраструктури.

Компоненти інтегрованої системи попередження та ліквідації лісових пожеж. Основним першочерговим фактором початку та розгортання пожеж є діяльність та помилки людини (згідно зі статистичними даними, щорічно 96%–98% лісових пожеж). Тому слід бути дуже обережним у лісових регіонах, які знаходяться поблизу міст, великих промислових підприємств, лікарень, автомагістралей та електромереж.

Як видно з рис. 3.29 пожежі розпочиналися навколо сільських населених пунктів і потім стрімко розповсюджувалися по залісненій території.

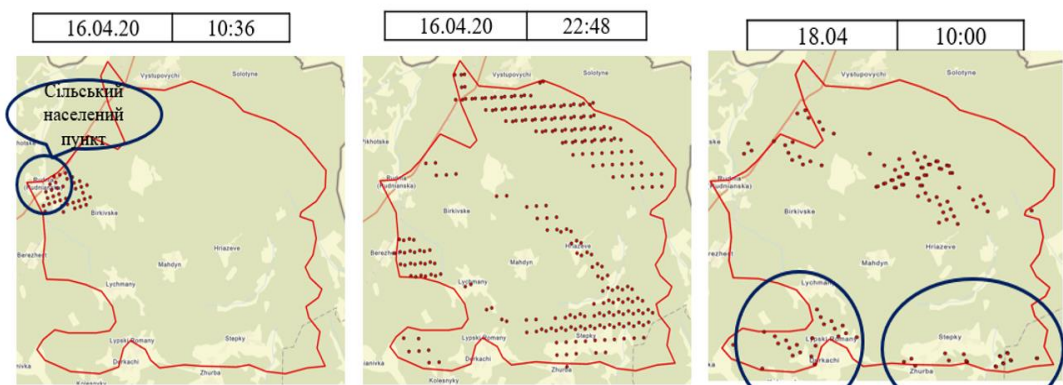


Рис. 3.29. Роль сільських населених пунктів у розповсюдженні лісових пожеж

Основні напрями розповсюдження пожеж: спалювання сухої трави і залишків рослинності на сільгоспугіддях, вздовж доріг, на територіях

приватних садиб та у заплавах водойм; спалювання звалищ сміття, побутових і виробничих відходів на околицях сільських населених пунктів, лісозахисних смугах, торфовищах, а також прилеглих до них територіях.

Враховуючи це, необхідним є постійне інформування різних цільових груп (дитячих садків, шкіл, підприємств та туристів) щодо недопущення створення пожежонебезпечних ситуацій. Бажано регулярно аналізувати статистику лісових пожеж з точки зору причин пожежі. Якщо, наприклад, пожежі переважно спричинені сільськогосподарською діяльністю, то увага повинна бути зосереджена на фермерській групі. Якщо рекреатори є головними пусковими механізмами лісових пожеж, то цілеспрямована освіта повинна бути спрямована саме на них (рис. 3.30). Важливо, щоб громадськість та співробітники, що займаються охороною лісу, постійно підвищували обізнаність про безпеку.

Теми, які знаходяться в центрі уваги в питанні комунікацій з громадськістю щодо проблематики лісових пожеж: необхідність захисту лісу; небезпека для лісів через пожежі; правильна поведінка після виявлення лісової пожежі; як уникнути лісової пожежі. При цьому доступні різноманітні можливості та інструменти комунікацій.



Рис. 3.30. Інформування сільського населення щодо недопущення виникнення пожеж (США, Каліфорнія)

Засоби масової інформації. Медіа-простір різноманітний і швидко змінюється. Важливо мати хороші відносини з представниками ЗМІ. Прес-релізи, відвідування прес-сайтів, прес-конференції на певних заходах, а також роздача звітів, фотографій або інтерв'ю є достатньо дієвими. Інформування громадськості про існуючий ризик лісових пожеж досягається за допомогою радіо, телебачення, преси та повідомлень на місцях. Інформація щодо фактичного рівня ризику лісових пожеж публікується на домашніх сторінках лісгосподарських підприємств, але посилити ці заходи можливо за

допомогою соціальних мереж з відслідковуванням місцезнаходження особи з телефоном (девайсом) та інформування її про рівень пожежної небезпеки.

Дитячі садки та школи. Освіта починається з найменших. Маленькі діти не в захваті від сухих доповідей. Однак підхід до проблеми в ігровій і допитливій формі приносить користь всім. Необхідною є розробка методичного забезпечення для проведення таких занять з дітьми дошкільної та початкової середньої освіти (рис. 3.31). Науковці США також доводять, що інформація, яка надходить до дорослих від дітей (не можна палити листя, не можна розводити багаття в необладнаних для того місцях тощо) набагато краще сприймається, ніж від лектора.



Рис. 3.31. Ігрові активності для дітей в дошкільних заходах щодо попередження лісових пожеж (США, Канада, Польща)

Інформування школярів бажано подавати в мультимедійній формі або онлайн з обов'язковим фінальним тестом (рис. 3.32).

Місцеві органи влади (інформаційні матеріали). Важливим є інформування органів місцевого самоврядування на заліснених територіях щодо правил пожежної безпеки в лісах та організація рейдових перевірок і патрулювання місць масового відпочинку, розташованих на найбільш небезпечних ділянках лісу, а також підготовка сільського населеного пункту від розповсюдження лісових пожеж на територію села.

Також важливим є доведення до сільського населення інформації про штрафні санкції за здійснення несанкціонованих та протизаконних спалювань на території особистого селянського господарства та проведення навчання (тренінгів) про дії в разі виникнення лісових пожеж.

Відповідно до Наказу Державного комітету лісового господарства України № 278 від 27.12.2004 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в лісах України», постійні лісокористувачі несуть відповідальність за безпосереднє виконання заходів щодо охорони лісів від пожеж, у тому числі гасіння пожеж та облік їх наслідків. Для ліквідації лісових пожеж створюються лісові пожежні станції. Відповідно до Наказу Державного комітету лісового господарства України № 526 від 28 грудня 2005 року «Про затвердження Положення про лісові пожежні станції» на засадах лісівництва лісові пожежні станції створюються для забезпечення раннього виявлення та гасіння лісових пожеж у регіоні обслуговування.

LESSON VIDEOS

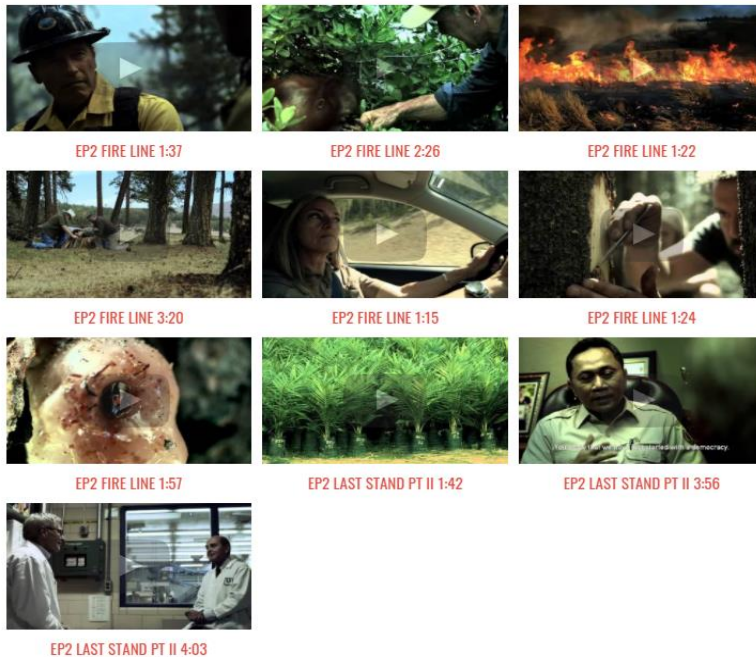


Рис. 3.32. Онлайн навчальний курс для школярів старшої школи (США)

Однак за результатами геоінформаційного аналізу було визначено, що більшість лісокористувачів, а саме лісництва, розміщені на території районів нерационально з точки зору оптимальної доступності до підпорядкованих їм лісових масивів (рис. 3.34).

This four-page, full-color publication discusses eastern wildfires and controlled burns, specifically how to prevent wildfires and the benefits of controlled burns. It includes information about the fire triangle and fire stages. It also offers guidelines to protect your home from wildfire. It is part of an educational series for youth. (2011).

Code Number: UH161

Cost: FREE

The educational effectiveness of the flier can be evaluated through the use of pre- and post-tests designed especially for youth. The lesson plan is specific to the flier topic and uses vocabulary activity and fill-in the blank handout to aid student retention. The lesson plan meets Pennsylvania Environment and Ecology Education Standards.

[Wildfire Publication \(UH191\)](#)

PDF

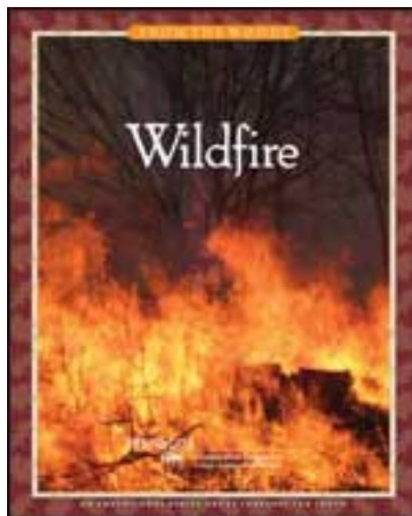


Рис. 3.33. Онлайн курс для органів місцевого самоврядування у випадку виникнення лісових пожеж (США, державний університет Пенсильванії)

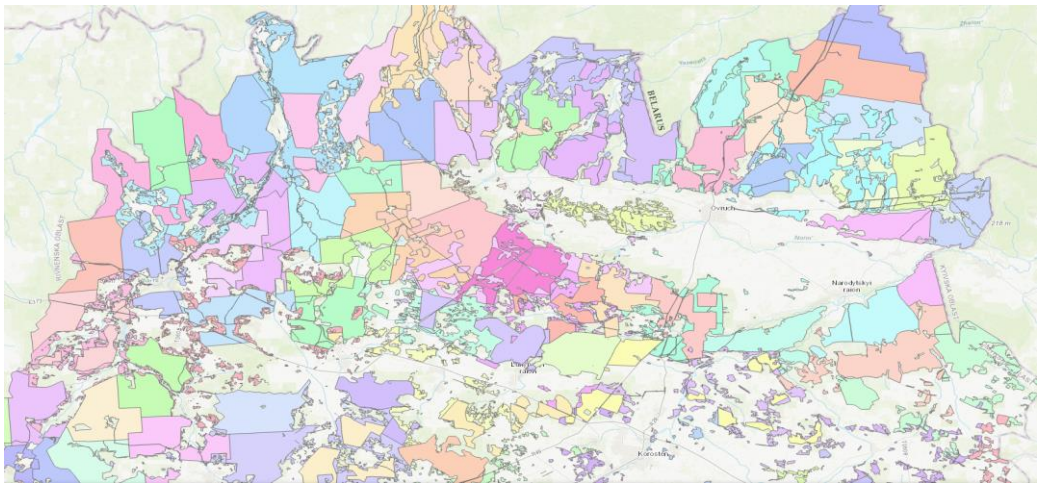


Рис. 3.34. Розміщення лісництв в північних районах Житомирської області

Зі слів працівників лісництв, вони приймають участь у гасінні лише тих пожеж, що виникають у лісах їхнього відомства. Враховуючи, що лісові масиви деяких лісництв розміщені на значних відстанях від їх лісових пожежних станцій, можливість оперативного реагування при виникненні пожежі є обмеженою. Разом з тим, лісова пожежна станція іншого лісництва, яка може бути розташована ближче, юридично не має права приймати участь у ліквідації лісової пожежі. Дана ситуація є однією з найголовніших причин невчасного реагування при виникненні пожеж. Доцільніше відокремити лісові пожежні станції від лісництв та оптимально розподілити лісові масиви відповідно до їх місцезнаходження (рис. 3.35).

Наказом Державного комітету лісового господарства України № 278 від 27 грудня 2004 року «Про затвердження Правил пожежної безпеки в лісах України» визначено перелік організаційних заходів, які можуть локалізувати лісові пожежі. До них відносяться: пожежостійкі узлісся, протипожежні канави, протипожежні бар'єри, мінералізовані смуги, протипожежні розриви та протипожежні заслони. Однак, чинними нормативними документами практично не обґрунтовані вимоги щодо їх облаштування.

Останнім нормативним актом, де були визначені вимоги щодо облаштування протипожежних заходів є «Указання по проєктированию противопожарных мероприятий в лесах СССР. Одобрены Гослесхозом СССР 29.01.1982 г.». Відповідно до цих вказівок, пожежонебезпечні масиви в лісах I і II групи, а також в освоєних лісах III групи мали поділятися на блоки площею від 2 до 12 тис. га.

З цією метою слід було використовувати протипожежні заслони, які повинні були бути межами таких блоків. Ширина основних протипожежних заслонів: 120-150 м – для заслонів з листяних або з переважанням листяних порід; 260-320 м – для заслонів з хвойних порід (в ширину заслону включена й ширина розриву або дороги).

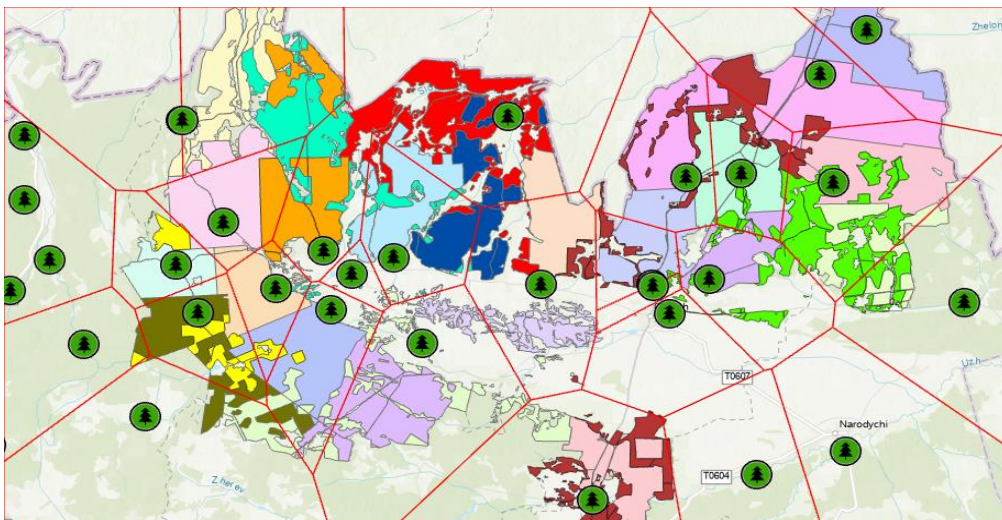


Рис. 3.35. Приклад оптимального територіального розподілу пожежної відповідальності ЛПС:  - лісова пожежна станція, — - межа протипожежної відповідальності.

Найбільш пожежонебезпечні хвойні масиви всередині зазначених вище блоків слід розділяти в свою чергу на блоки площею від 400 до 1600 га. Протипожежні заслони, що оточують такі блоки, називають внутрішніми або додатковими. Великі ділянки хвойних культур і молодняків в лісах зелених зон та інших лісах I групи в районах інтенсивного лісового господарства рекомендувалося розділити протипожежними заслонами на блоки площею 25 га. Загальна ширина заслону з найпростішої дорогою по його центру – 30 м.

Приблизно схожі протипожежні заходи організовані в лісових господарствах Європейських країн (рис. 3.36).



Рис. 3.36. Приклад організації протипожежних заходів в лісових господарствах Європи

Проаналізувавши наявність протипожежних заходів в північних районах Житомирської області, а саме просік, пожежних розривів та

мінералізованих смуг, встановлено, що їх кількість та розміщення не відповідають жодним вимогам, особливо ця проблема є гострою в лісових масивах I та II класу пожежонебезпеки. Наслідками відсутності таких першочергових протипожежних заходів є виникнення великих лісових пожеж.

Розробка проектів організації протипожежних заходів повинна бути здійснена без врахування меж існуючих лісництв, опиратись виключно на загальні площі лісових масивів I та II класу пожежонебезпеки, а також посилюватись при віддаленні від лісових пожежних станцій. Додатково можуть бути враховані дані поширення та виникнення великих лісових пожеж у ретроспективі (рис. 3.37).

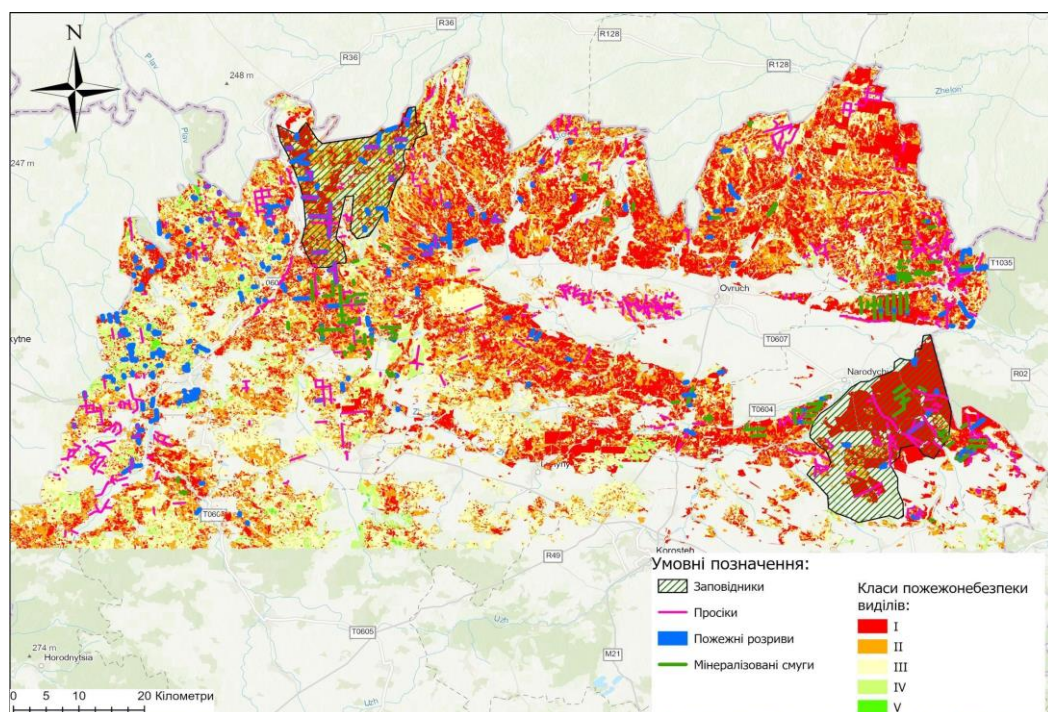


Рис. 3.37. Існуюча система протипожежних заходів в лісових господарствах північних областей Житомирської області

Відповідно до моделювання поширення лісових пожеж, організація лише одних протипожежних розривів не призвела б до поширення пожеж й могла забезпечити їх своєчасну локалізацію та ліквідацію виключно силами пожежних лісових станцій.

Практика показує, що недотримання нормативних вимог щодо якості та кількості протипожежних заходів (лісові дороги, просіки, візири, протипожежні розриви) призводить до швидкого розповсюдження лісових пожеж. Для контролю їх стану пропонується використання оптичних знімків з космічних апаратів за допомогою програмного середовища ArcGis (рис. 3.38).

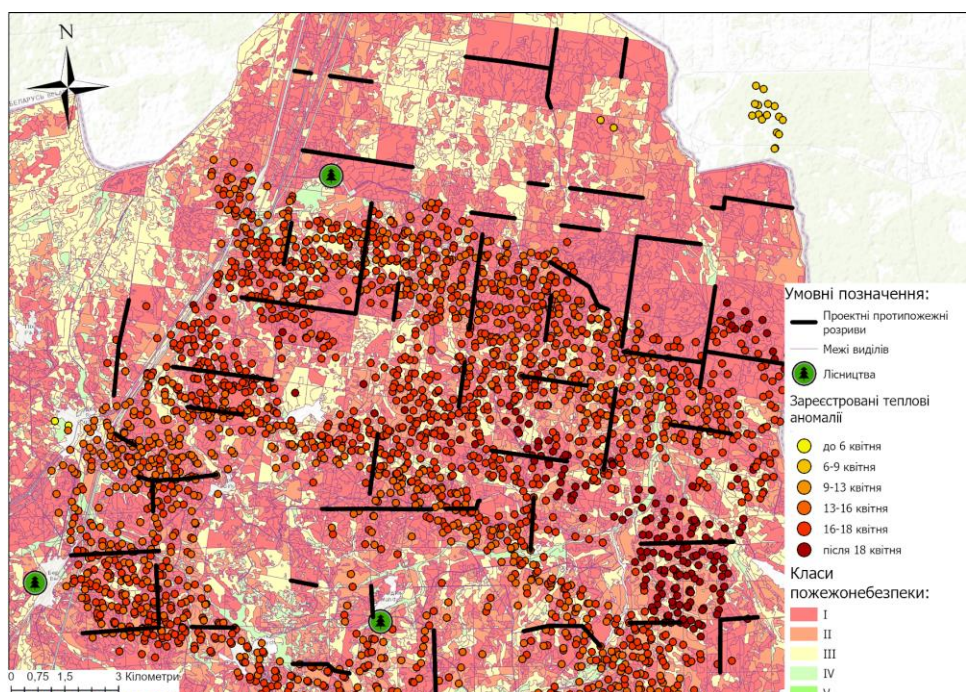


Рис. 3.38. Приклад проектування протипожежних розривів

Загальноновизнано, що легкодоступний запас води для гасіння пожежі є вирішальним фактором для ефективного гасіння пожежі. Це може бути пожежна водойма, пожежний гідрант, водонапірна вежа, а також штучні та природні водойми (озеро, ставок, річка тощо), до яких наявні під'їзди з твердим покриттям для пожежних автоцистерн.

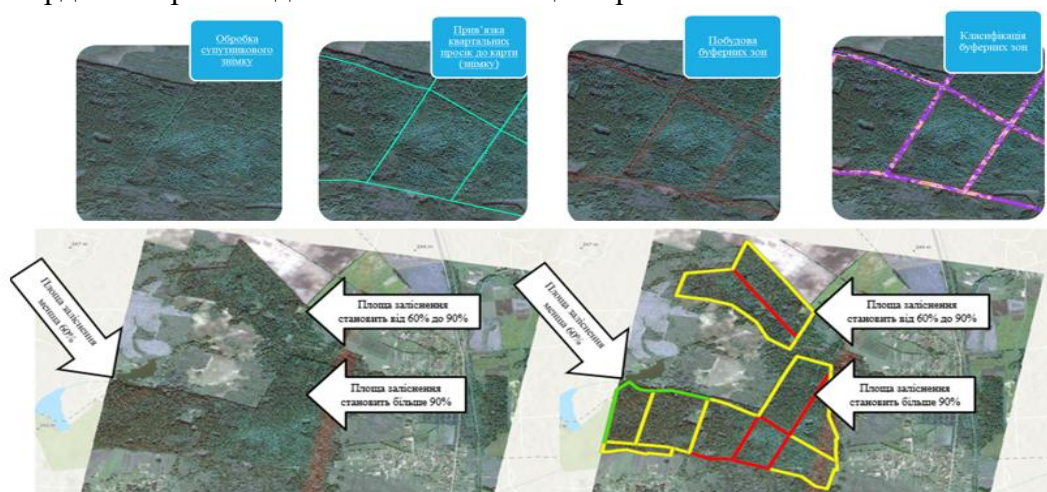


Рис. 3.39. Контроль стану заліснення лісових проєктів

Зрозуміло, що для всіх об'єктів, а також і для житлового сектору, дуже потрібні справні та доступні джерела протипожежного водопостачання.

Адже того запасу води, що вивозять пожежні автомобілі, вистачає приблизно на 10 хвилин ефективного гасіння пожежі. Після цього необхідно встановлювати автомобіль на вододжерела, які мають постійно знаходитись у справному стані та вчасно обслуговуватись.

Аналіз наявності та стану водойм в межах Житомирської області показав наявність деяких лісгоспів, де пожежні водойми відсутні, наприклад ДП «Лугинський спецлісгосп», та низка лісництв у ДП «Коростенське ЛМГ», ДП «Радомишльське ЛМГ» (рис. 3.40). Натомість, ці ж та деякі інші господарства вказали на наявність 156 водойм, що потенційно можуть бути використані у якості протипожежних резервуарів. Таким чином, першочерговим заходом у даному блоці даних має бути повна інвентаризація водойм та їх стану, запасів води та можливостей пересування пожежної техніки до місць відбору води.

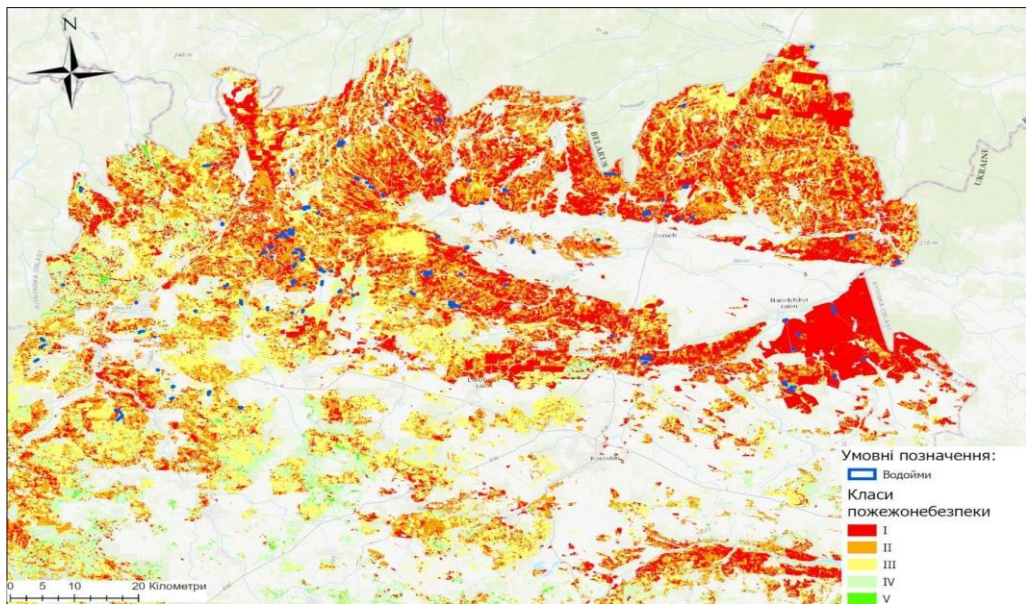


Рис. 3.40. Існуюча мережа водних об’єктів в лісах північних районів Житомирської області (примітка: контур водного об’єкта збільшений для кращого відображення)

Дослідження стану протипожежних водойм влітку 2020 р. виявило, що низка природно-кліматичних факторів та зниження рівня ґрунтових вод у деяких місцях на понад 1,5 м спричинили зниження запасів води, що підтвердили і дані аналізу космічних знімків у динаміці (рис. 3.41). При цьому частина водойм зникли взагалі, а при пониженні рівня води часто була відсутня можливість провести її забір через замулення, заростання водними рослинами та значну відстань до облаштованих під’їздів. За офіційними даними Управління ДСНС України у Житомирській області, на території області 2232 пожежні водойми, з яких 235 (10,5%) знаходяться у неналежному стані – відсутні під’їзди та умови для безпечного забору води.

Найгірше – у Пулинському районі (46 у неналежному стані), Чуднівському (19), Романівському (11), Любарському районах (11).

Багато лісових масивів втратили запаси води для потенційної ліквідації пожеж. На півночі Житомирської області їх кількість катастрофічно недостатня. Розглянувши цю проблематику, запропоновано альтернативний варіант вирішення проблеми за використання штучних пластикових резервуарів, які доцільно розміщувати у районах, де запаси води обмежені. Нині багато компаній пропонують широкий вибір резервуарів. За оптимального розміщення таких резервуарів в лісових масивах першого та другого ступеня пожежонебезпеки поруч з лісовими дорогами, можливо буде повністю вирішити проблему наявності води для гасіння пожеж.

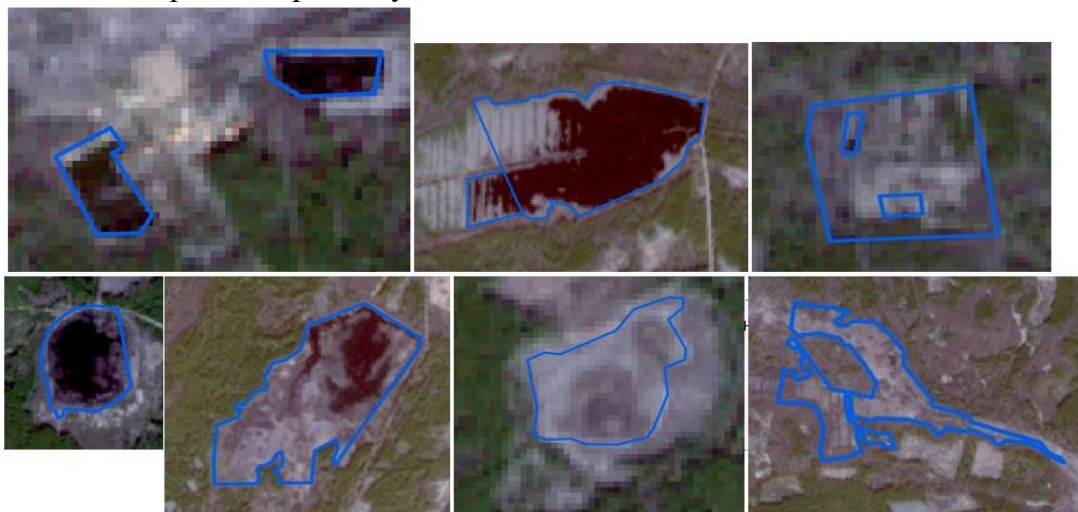


Рис. 3.41. Сучасний стан пожежних водойм північних районів Житомирської області

З метою захисту води від промерзання та уникнення випадків вандалізму такі ємності рекомендується закопувати у ґрунт в умовах низького рівня залягання ґрунтових вод.

Одним із засобів виявлення лісових пожеж є пожежний спостережний пункт – це будівля, призначена для спостереження за певною ділянкою лісу на наявність ознак пожежі. Проаналізувавши наявність спостережних веж в північних районах Житомирської області було визначено 27 спостережних веж, що практично повністю забезпечують огляд території лісових масивів області за умови, якщо видимість вежі становить 15 км (рис. 3.42).

Однак на півночі області, вздовж кордону з Білорусією, наявні ділянки, що не проглядаються. Для покращення механізму своєчасного виявлення осередків пожеж рекомендується обладнання пожежних спостережних пунктів засобами відеоспостереження з можливістю визначення напрямку повороту камери. Рекомендується, як додатковий засіб, використовувати безпілотні літальні апарати для більш детального визначення координат пожежі, а також її масштабу.

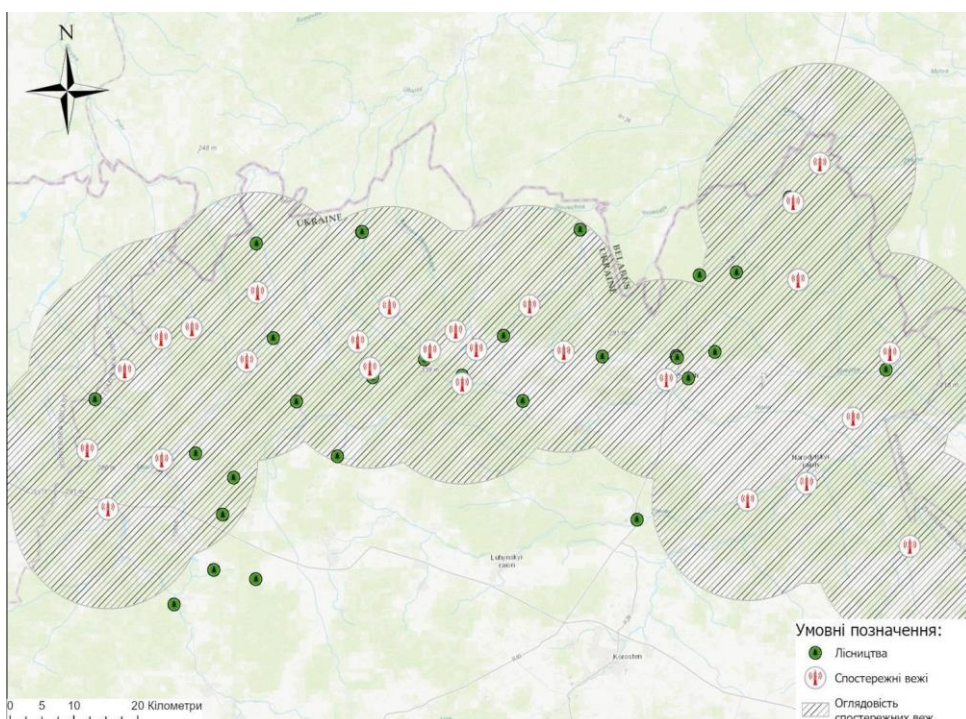


Рис. 3.42. Розташування пожежних спостережних пунктів

За нашими дослідженнями, використання БПЛА з висоти 500 метрів дасть можливість точно визначати координати пожежі на відстані до 22 км (рис. 3.43). Окрім виявлення пожеж БПЛА також можуть використовуватись під час виявлення шкідників та хвороб лісу.



Рис. 3.43. Приклад знімку квадрокоптера Dji Phantom 3 на висоті 500 м

Аналіз існуючих у країнах пострадянського простору та у Європі методик прогнозу пожежної безпеки ландшафтів свідчить, що практично всі вони ґрунтуються на емпіричних або напівемпіричних моделях, тобто фактично мають недостатнє фізичне підґрунтя та базуються лише на аналізі метеорологічних характеристик. У жодній з моделей не враховуються антропогенні показники, грозові фактори та багато інших критеріїв. Сьогодні найбільш використовувані канадська та австралійська методики оцінки пожежної небезпеки, а також коефіцієнт Нестерова. У Європі найбільш часто використовуваний індекс – Канадський індекс пожежної погоди (FWI)¹²³. Середні сезонні FWI можуть успішно пояснити більшість щорічних варіювань площ ландшафтів, охоплених пожежами в європейських країнах^{124,125}. За період 1980-2012 рр. FWI зріс для всієї Європи, а особливо для її південної та східної частин. Той факт, що площі згарищ в регіоні Середземномор'я за останні 10 років зменшилися, свідчить про те, що вдосконалена система запобігання та гасіння пожеж успішно функціонує, незважаючи на зростання метеорологічної небезпеки пожеж¹²⁶.

В Україні та інших країнах пострадянського простору для визначення коефіцієнту пожежонебезпеки був впроваджений ГОСТ Р 22.1.09-99 «Моніторинг і прогнозування лісових пожеж. Загальні вимоги», яким передбачено використання комплексного показника пожежної небезпеки В.Г. Нестерова (КПН).

КПН визначається, як сума добутку температури повітря та різниці температур повітря і точки роси, яка обчислюється для окремого пункту і конкретного часу. Цей показник розраховується виключно за метеоданими, зареєстрованими на конкретній метеостанції.

$$FHF_n = FHF_{n-1} * K_{pr} + [t(t-td)]_n$$

КПН_n – значення коефіцієнта пожежної небезпеки, розраховане на поточний день, °С;

КРН_{n-1} – значення коефіцієнта пожежної небезпеки, розраховане на наступний день, °С;

Коп – коефіцієнт поправки на опади (рівняється одиниці, якщо кількість опадів нижча 3 мм, та нулю – якщо більше або рівне 3 мм).

¹²³ Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System : Forestry Technical Report / Van Wagner C. E. et al. Ottawa : Canadian Forestry Service Headquarters, 1987. URL: <http://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=19927>

¹²⁴ Temporal Variations and Change in Forest Fire Danger in Europe for 1960–2012 / Venäläinen A. et al. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2014. Vol. 14, № 6. P. 1477–1490. URL: <https://doi.org/10.5194/nhess-14-1477-2014>

¹²⁵ Fire Activity as a Function of Fire-Weather Seasonal Severity and Antecedent Climate across Spatial Scales in Southern Europe and Pacific Western USA / Itziar R Urbieto et al. *Environmental Research Letters*. 2015. Vol. 10, № 11. Article 114013. URL: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/11/114013>

¹²⁶ Abatzoglou J. T., Williams A. P., Barbero R. Global Emergence of Anthropogenic Climate Change in Fire Weather Indices. *Geophysical Research Letters*. 2019. Vol. 46, № 1. P. 326–336. URL: <https://doi.org/10.1029/2018GL080959>

t – температура повітря у час з 12 до 15 години або у близький до нього час синхронних метеорологічних спостережень, t_d – точка роси у той же час, $(t - t_d)$ – дефіцит точки роси.

Прикладом представлення фактичних даних про пожежонебезпеку у лісових масивах на території північних областей України станом на 5 квітня 2020 р. є рис. 3.44. Так, станом на 5 квітня, відповідно до КПП рівень пожежонебезпеки на Поліссі України був низьким та середнім, а отже інформативність даного коефіцієнту можна поставити під сумнів.

Головним недоліком коефіцієнту Нестерова слід вважати доволі грубу похибку на опади. На практиці пожеж 2020 р. було встановлено несвоєчасне спрацювання даного коефіцієнту. Такі недоліки відображення пожежонебезпеки у свій час фіксувалися різними вченими, і до загальної формули було додано поправку на опади – Коп.

$$FNF_n = FNF_{n-1} * K_{pr} + [t(t - t_d)]_n * (K_{pr})_n$$

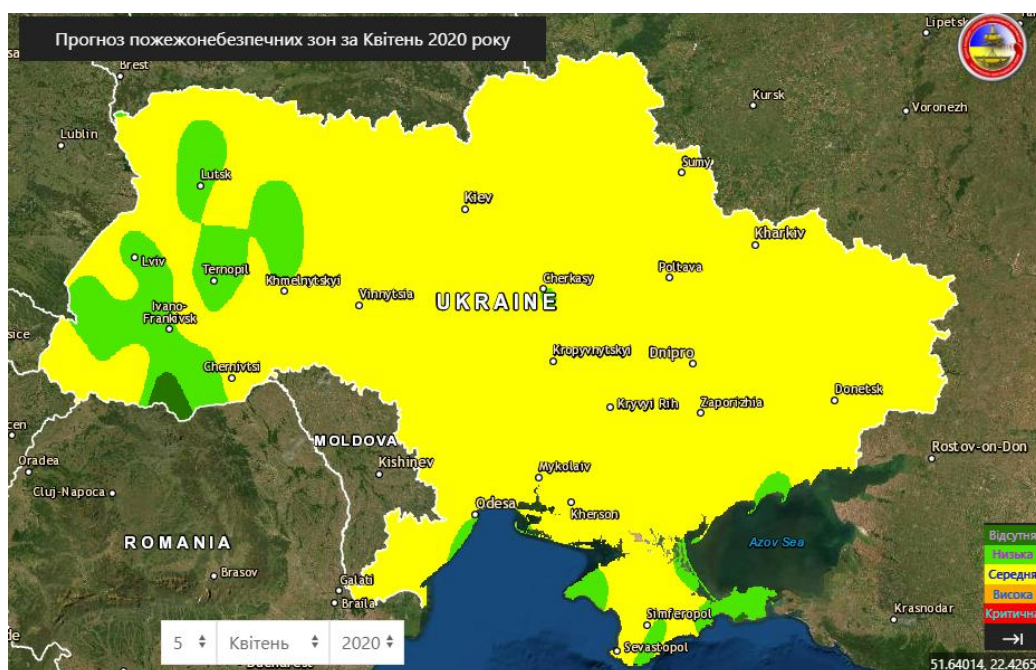


Рис. 3.44. Прогнозування пожежонебезпечних зон на території України з використанням коефіцієнту пожежної небезпеки В.Г. Нестерова

Однак, надходження води у вигляді опадів – не завжди доцільний показник для адекватної оцінки пожежної небезпеки ландшафту, адже певний вміст вологи характерний для здорової рослинності, яка швидше росте і більш стійка до пожеж. Багато рослинних матеріалів можуть накопичувати вологу і утримувати її протягом тривалого часу, наприклад, певною гігроскопічністю володіють мохи та лишайники. Тому при розрахунках

індексів пожежонебезпеки слід додавати поправку на гігроскопічність. Така модифікована система оцінки нині застосовується Португальським метеорологічним інститутом у ролі основного показника пожежної небезпеки у лісах¹²⁷. У Національній рейтинговій системі США, що являє собою модель поєднання двох груп параметрів (основних та проміжних), це також враховано. У цій моделі введені проміжні індекси вологовмісту живих та відмерлих лісових горючих матеріалів, які є основою подальших розрахунків. Окрім цього, в число основних параметрів відносять швидкість розповсюдження вогню та кількість теплової енергії, що вивільняється при пожежі. Основні вихідні параметри поєднані у єдиний індекс горіння.

Оскільки опади як метеорологічне явище були відсутніми у періоді пожеж квітня 2020 р., вирішено проаналізувати показники вологості надгрунтового покриву для оцінки вмісту вологи в рослинному покриві. Для цього було використано нормалізовано-різницевий індекс посухи (NDDI) та індекс вологовмісту (NDWI). Нормалізований різницевий водний індекс – показник, чутливий до вмісту води в зеленій біомасі. Для розрахунків індексів використовується ближній і середній інфрачервоний діапазони. Індекси широко застосовуються при оцінці пожежонебезпеки на території разом з індексами групи Dry or Senescent Carbon. Кожна з перерахованих груп індексів призначена для оцінки будь-якої з властивостей рослинного покриву і містить кілька індексів. Для конкретних природних умов і різних завдань одні індекси з групи можуть дати більш точні результати, ніж інші. Порівнюючи результати розрахунків індексів з польовими даними, можна вибрати індекс, який максимально точно відображає досліджувану властивість. Таким чином, істотно підвищується точність результатів при подальшій обробці та прогнозуванні виникнення пожеж.

Використовуючи дані MODIS, можна розрахувати нормалізований індекс посухи (NDI), щоб визначити серйозність посухи на рівнинах. Економія часу при розрахунку цього індексу є головним плюсом. Починаючи з базового рівня 0,2, серйозність посухи зростає зі збільшенням значення індексу (рис. 3.45).

При визначенні даного показника станом на 5 квітня 2020 р. було встановлено, що рослинний покрив на території у більшості випадків відзначався від'ємними показниками, а відтак для північних районів України мав найнижчий вологовміст, що свідчило про його легкозаймистість (рис. 3.47).

Виходячи з наведеного постає важливість використання даних ДЗЗ, а також потреба нагальних змін чинних методик виявлення пожежонебезпечних періодів шляхом поєднання індексів посухи та вологовмісту з традиційним їх визначенням за методикою В.Г. Нестерова.

¹²⁷ Comparative Study of Various Methods of Fire Danger Evaluation in Southern Europe / Viegas Xavier D., Bovio Giovanni, Ferreira Almerindo et al. *International journal of Wildland Fires*. 1999. Vol. 9 (4). P. 235–246.

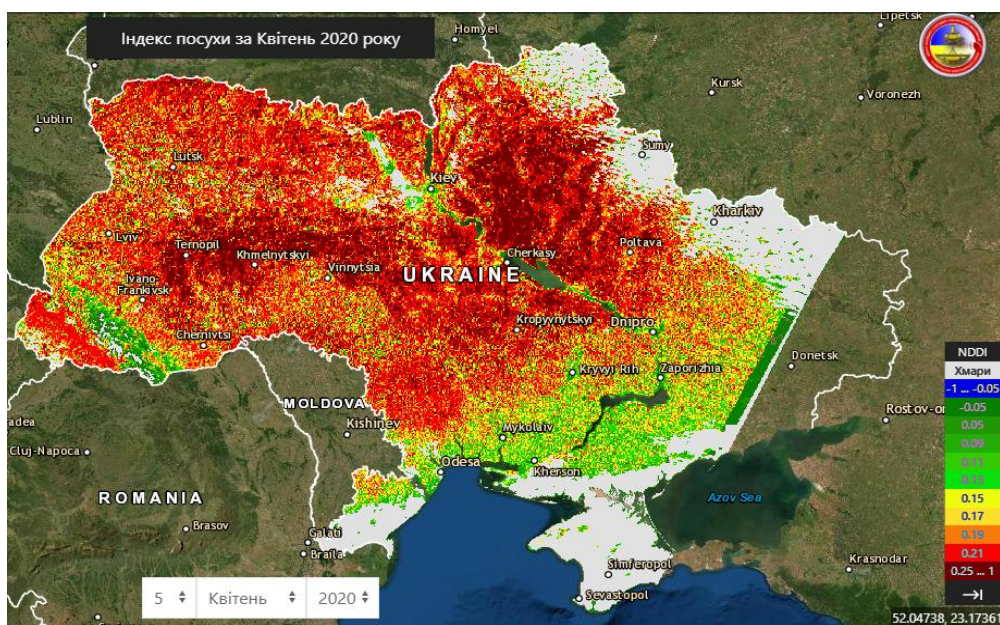


Рис. 3.45. Нормалізовано-різницький індекс посухи (NDDI) на території України

Якщо розглядати динаміку розвитку однієї із лісових пожеж Житомирської області, то можна дійти висновку, що якби така система спрацювала, то 26 тис. га лісових насаджень було б збережено, оскільки час між початковою стадією лісової пожежі до активної стадії становив 10 годин (рис. 3.48).

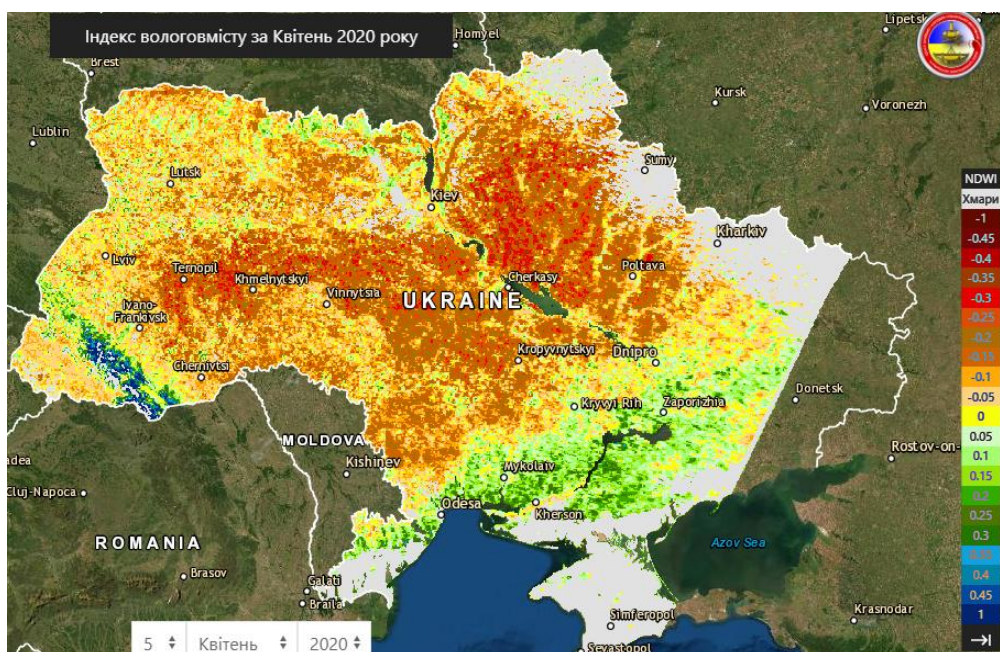


Рис. 3.46. Індекс вологовмісту (NDWI) по території України

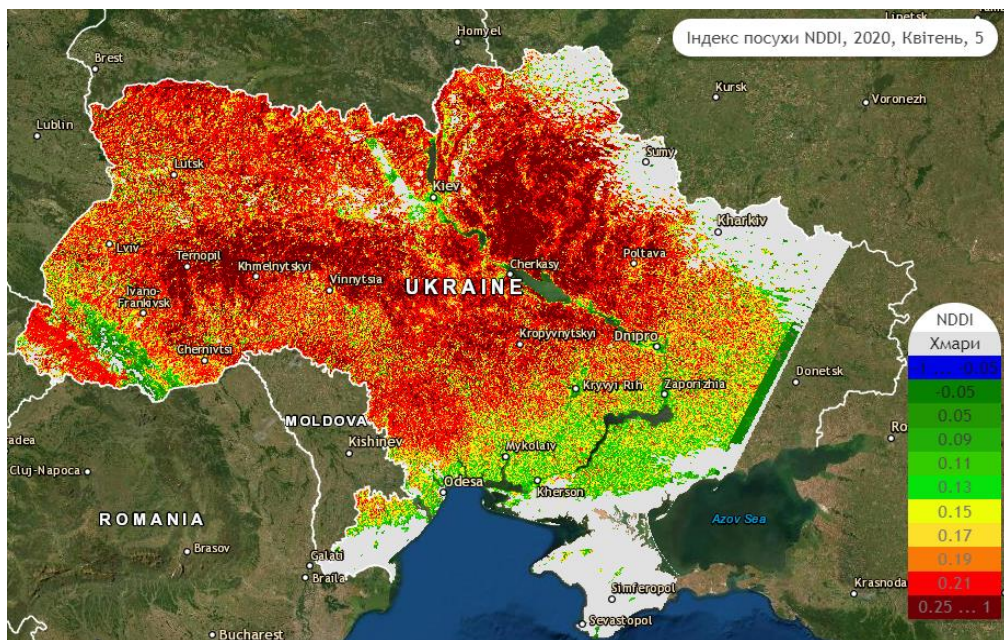


Рис. 3.47. Індекс вологовмісту (NDWI) по території України

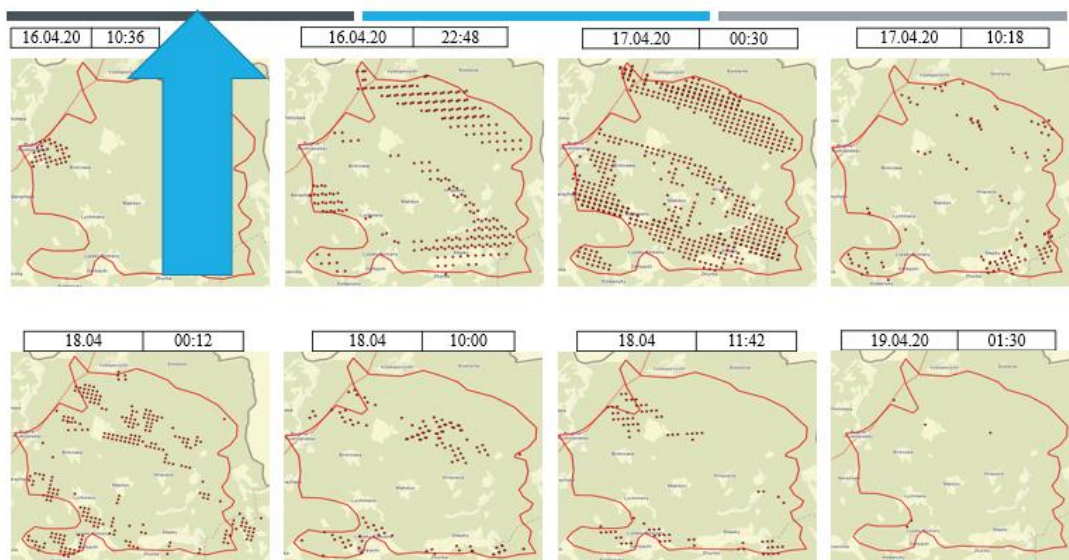


Рис. 3.48. Динаміка розвитку лісової пожежі на території Житомирської області

До того ж, після залучення всіх можливих засобів для боротьби з цією пожежею з 16.04 по 19.04 задавалося б, що пожежу було ліквідовано. Проте, як видно з рис 3.48., через 8 годин пожежа знову перейшла в активну фазу. На рис. 3.49 показано розвиток лісової пожежі, що вже була ліквідована, однак наявність осередків тління спровокувала повторне займання.



Рис. 3.49. Відновлення лісової пожежі на території Житомирської області

З огляду на це, доволі ефективним може виявитися моніторинг наявності теплових аномалій, що дозволять знаходити осередки тління навіть без чітких ознак горіння (рис. 3.50).

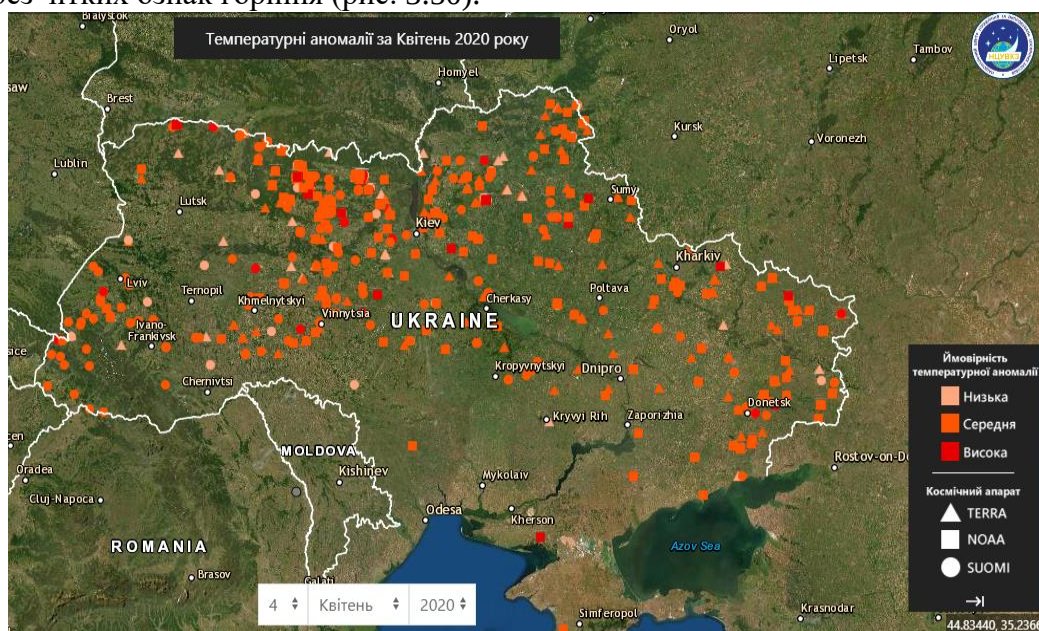


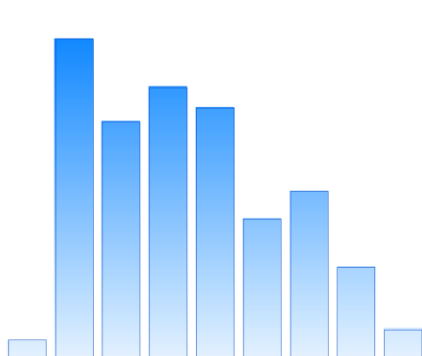
Рис. 3.50. Теплові аномалії на території України станом на 4 квітня 2020 р.

Однією з причин відновлення пожеж у квітні 2020 р. були вітрові показники. Протягом доби з 3 на 4 квітня 2020 р. спостерігався південно-західний вітер з поривами до 13 м/с, що зумовило швидке розростання пожежі у північному напрямку (рис. 3.51). У денні години спостерігалась дуже низька, не характерна для даної пори року, вологість повітря (у денні години 21-24%, у нічні до 69%), що сприяло інтенсивному горінню лісів та перелогів на території північних областей України та утруднювало зупинку пожежі. До 13 квітня пожежі продовжували рухатись на північ.

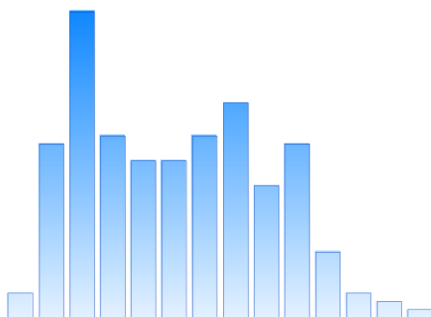
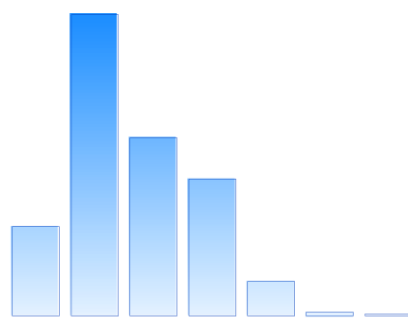
Пожежа у південно-західній частині Чорнобильського заповідника через вітер 3-5 м/с з поривами до 11-13 м/с продовжила швидке поширення

лісовими масивами на північ. Виникла загроза виникнення пожеж на територіях з високим природоохоронним статусом. Зокрема, було пошкоджено екосистеми гідрологічного заказника загальнодержавного значення «Іллінський». Пожежа у центральній частині зони відчуження наблизилась до промислового майданчика ЧАЕС, де була зупинена. У південній частині Заповідника поблизу сіл Розсоха та Іловниця виникла третя велика пожежа.

а)



б)



в)

Рис. 3.51. Розподіл характеристик вологості повітря (а), середньої (б) та максимальної (в) швидкості вітру у квітні 2020 р. за даними метеостанції Чорнобиль

16 квітня здійнявся вітер швидкістю 5-7 м/с з поривами до 18 м/с, що зумовило розгоряння осередків тління та відновлення розвитку пожеж на території зони відчуження. Виникла велика пожежа у східній частині Заповідника поблизу с. Крива Гора. Пожежа в центральній частині зони відчуження перейшла на територію Заповідника поблизу с. Корогод та с. Роз'їдже (рис. 3.52).

На жаль, існуючі в Україні системи попередження лісових пожеж не включають вітрові характеристики, однак вони передбачені системами попередження лісових пожеж у багатьох країнах, наприклад Австралії.

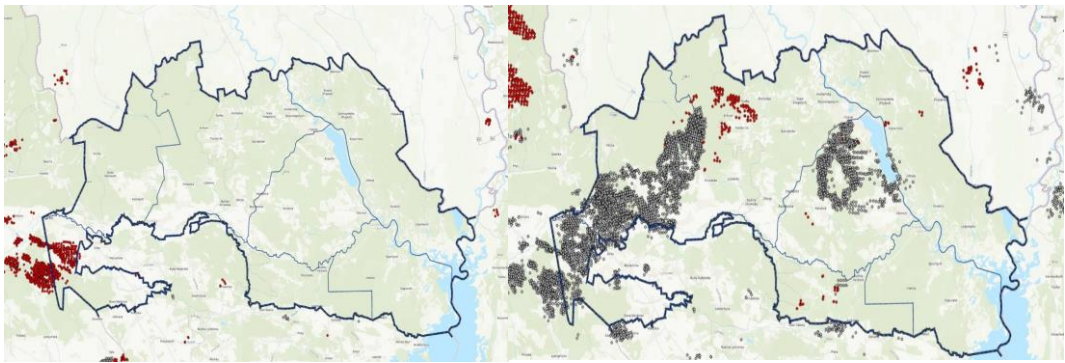


Рис. 3.52. Охоплення території Заповідника пожежею станом на 4 та 16 квітня 2020 р. за даними <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>

В цій країні застосовується індекс лісової пожежної небезпеки (Forest Fire Danger Meter, FFDM), запропонований МакАртуром. Він включає врахування показників відносної вологості, максимальної температури повітря, усереднене значення швидкості вітру та показники вологості. На його основі побудована система оцінки пожежної небезпеки ландшафтів (Alan McArthur Fire Danger Rating). На основі FFDM нині діє комп'ютерна система SiroFire – додаток, що забезпечує прийняття рішень щодо забезпечення пожежної безпеки ландшафтів.

$$FFDM_n = 2e(-0.45 + 0.987 \cdot \ln(ПВ) - 0.0345 \cdot ОВ + 0.0338 \cdot t_n + 0.0234 \cdot ВП)$$

FFDM_n – показник FFDM, розрахований на поточний день; ПВ – показник вологості лісових горючих матеріалів, ОВ – мінімальне значення відносної вологості повітря протягом дня, °С; ВП – усереднене значення швидкості вітру протягом дня, для якого розраховується індекс, км/год.

Саме австралійська система прийнята за основу при оцінці пожежонебезпечності ландшафтів у європейській країнах. Зважаючи на оптимальний набір ключових параметрів, що є визначальними при поширенні пожеж у північних районах України, систему моніторингу пожежонебезпеки слід перебудувати аналогічно до систем оцінки пожежонебезпеки ландшафтів більшості європейських країн.

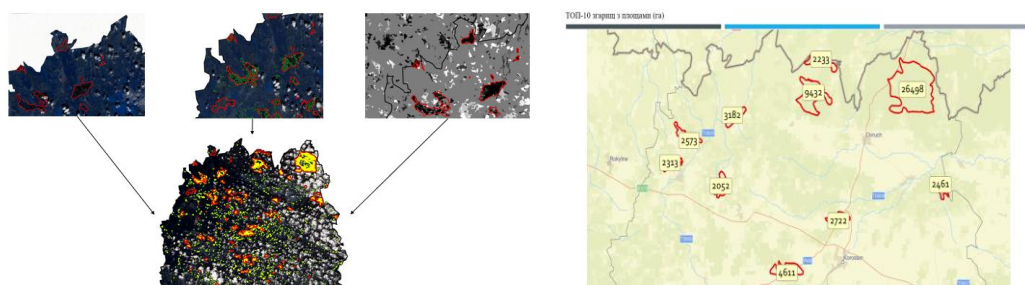
До основних причин виникнення лісових пожеж в північних районах України та країн Європи були аномальні погодні умови 2019-початку 2020 року, зокрема тепла безсніжна зима, яка спровокувала зниження водності річок та інших водойм. Додатковим фактором у погіршенні ситуації можна вважати антропогенний, адже значна частка пожеж виникають внаслідок спалювання сухої трави мешканцями населених пунктів. Погіршення ситуації з ліквідацією пожеж викликає також недосконалість системи протипожежних заходів в Україні.

З метою зниження ризику повторення пожеж, які відбулись в квітні 2020 р., необхідно запровадити сучасну інформаційну систему прийняття

рішень під час виявлення і ліквідації лісових пожеж та створити спеціалізований Центр охорони та безпеки лісів для здійснення низки функцій щодо координації дій при виникненні пожеж та інших надзвичайних ситуацій у ландшафтах північних регіонів України, значна частка яких знаходяться у зоні радіоактивного забруднення. Відповідно до європейської практики потрібно запровадити сучасну інтегровану систему попередження та ліквідації лісових пожеж, яка базуватиметься на використанні індексів лісової пожежної небезпеки (Forest Fire Danger Meter, FFDМ). Також необхідно розробити нову методику використання даних ДЗЗ для виявлення пожежонебезпечних періодів. Така методика має передбачати поєднання використання: 1) індексів посухи та вологовмісту поряд із традиційним їх визначенням індексів пожежонебезпеки за методикою В.Г. Нестерова; 2) урахуванням вітрових характеристик та антропогенних факторів.

Актуальною на перспективу для України є міжнародна співпраця у сфері управління пожежною безпекою ландшафтів. Міжнародні організації та національні уряди країн активно співпрацюють у напрямі узгодження дій у випадку надзвичайних пожеж, підписують угоди про взаємодопомогу¹²⁸. Однією з найбільш впливових та активних міжнародних організацій у галузі охорони лісів від пожеж є Глобальний Центр моніторингу пожеж (GFMC), що базується у м. Фрайбург, Німеччина, якому ООН надано мандат на координацію впровадження Міжнародної стратегії ООН із зменшення катастроф (UN ISDR) у галузі охорони лісів від пожеж.

Аналіз та аудит згарищ (у вигляді паспортів згарищ) проводиться за допомогою обробки оптичних супутникових знімків та інформації про теплові аномалії, отриманої з космічного апарату MODIS групи Теплові аномалії / Пожежі (Thermal Anomalies / Fire) - MOD14, що дозволяє виявляти причини загоряння, динаміку розвитку пожеж за допомогою програмного середовища ArcGis (рис. 3.53).



- площа згарища (загальна та безпосередньо лісу);
- назва лісового господарства, лісництва;
- початок (етапи розвитку) та кінець пожежі;
- початкова точка початку розповсюдження лісової пожежі;
- населені пункти, які знаходилися в зоні пожежі.

Згарище №1

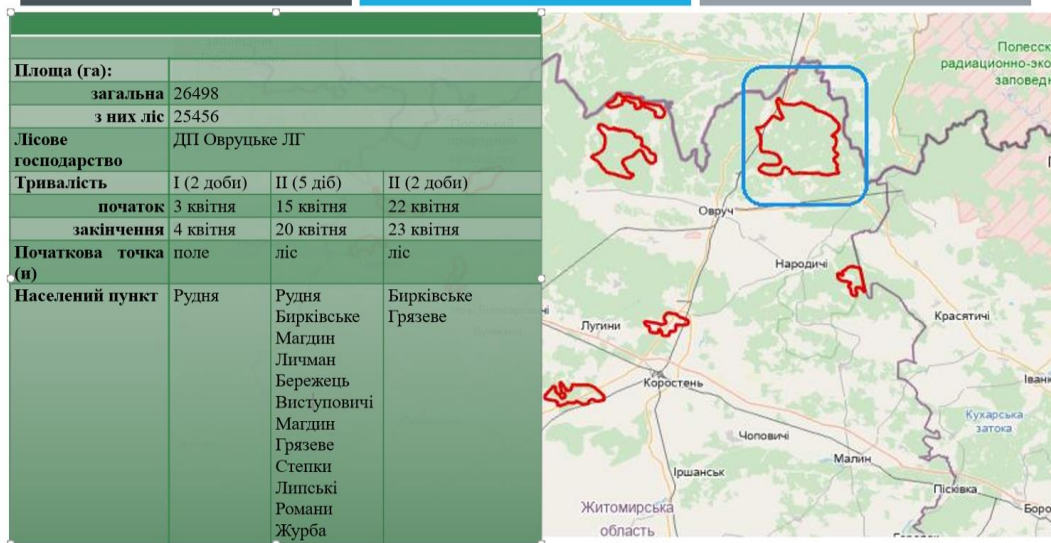


Рис. 3.54. Прототип паспорту згарища

Перспектива забезпечення оперативного моніторингу лісових насаджень та їх пожежонебезпечного стану потребує відповідної інституціоналізації, зокрема створення та забезпечення функціонування регіональних центрів охорони та безпеки лісів. Такі центри будуть провідними підрозділами у сфері моніторингу за станом техногенно-природної безпеки та оперативного реагування на надзвичайні ситуації, а також забезпечення та координації дій при виникненні пожежонебезпечних та інших ситуацій. Основними завданнями центрів мають стати:

1. Забезпечення реалізації в межах повноважень державної політики у сфері цивільного захисту, захисту населення і лісових територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, техногенної та пожежної безпеки, запобігання, реагування та ліквідації наслідків вказаних надзвичайних ситуацій.

2. Забезпечення координування дій під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, а особливо під час гасіння пожеж, а також виконання невідкладних робіт, пов'язаних із забезпеченням безпеки лісів.

3. Розробка та корегування інструкцій інформаційної взаємодії зі службами цивільного захисту області, підприємствами установами організаціями не залежно від форм власності та підпорядкування.

4. Розроблення та реалізація заходів щодо підтримання підпорядкованих підрозділів у готовності до дій за призначенням у випадку виникнення пожежонебезпечних та інших ситуацій у лісах.

5. Постійний збір та обробка оперативної інформації про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, лісових пожеж та подій, оцінка оперативної обстановки у лісах області та своєчасне реагування на її зміни.

6. Своєчасне інформування про загрозу або виникнення небезпечних ситуацій у лісах Житомирської області керівництва, лісгоспів, лісництв та інших профільних підрозділів. Забезпечення інформаційної взаємодії з питань надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах органів виконавчої влади всіх рівнів відповідно та місцевих органів виконавчої влади в межах єдиної інтегрованої системи на регіональному рівні.

7. Оповіщення профільних органів управління і підрозділів про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій у лісах.

8. Організація у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій оперативного та узгодженого реагування органів управління, сил і засобів з метою запобігання загибелі людей та зменшення матеріальних втрат, локалізації та ліквідації небезпечних проявів надзвичайних ситуацій, пожеж, подій у лісах області та їх окремих наслідків.

9. Забезпечення стійкого і безперервного оперативного зв'язку Управління з структурними підрозділами, як у повсякденно, так і внаслідок загроз виникнення та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах та лісових пожеж.

10. Контроль за готовністю пожежно та аварійно-рятувальних підрозділів області до дій за призначенням, утриманням в працездатному стані пожежної, аварійно-рятувальної техніки та обладнання, джерел протипожежного водопостачання, їх оперативного стану тощо.

Функції центру охорони та безпеки лісів:

1) Приймає і обробляє космічні знімки з метою виявлення теплових аномалій та інших ознак небезпеки виникнення або наявності надзвичайних ситуацій, пожеж і подій.

2) Забезпечує відповідальні сторони оперативною інформацією про надзвичайні ситуації, пожежі і події у лісах. Подає щодобові інформаційні довідки про виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру об'єктового, місцевого і регіонального рівнів, резонансні пожежі та події, а також про хід ліквідації їх наслідків керівникам профільних установ.

3) Проводить збір і узагальнення інформації про стан сил і засобів пожежно-рятувальних та аварійно-рятувальних підрозділів.

4) Контролює утримання в працездатному стані пожежної, аварійно-рятувальної техніки та обладнання, а саме джерел протипожежного водопостачання, шляхів проїзду пожежних машин, відпрацювання документації щодо оперативного реагування на надзвичайні ситуації, пожежі та події.

5) Вживає заходи по усуненню виявлених недоліків з організації несення служби, готовності пожежно та аварійно-рятувальних підрозділів до здійснення визначених дій, готує відповідні пропозиції керівництву профільних установ.

6) Вирішує організаційні та практичні питання, спрямовані на забезпечення своєчасного та якісного гасіння пожеж, ліквідації небезпечних проявів надзвичайних ситуацій і подій в межах завдань, покладених на Центр.

7) Надає консультативну допомогу пожежно та аварійно-рятувальним підрозділам за їх запитамі щодо ліквідації надзвичайної ситуації, пожежі, аварії або стихійного лиха у лісах.

8) Спільно з науковцями бере участь у дослідженні великих, складних пожеж, надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження, складанні описів пожеж та аналізів дій органів управління та сил під час їх ліквідації, розповсюдженні на основі їх аналізу заходів, направлених на підвищення рівня готовності пожежно та аварійно-рятувальних підрозділів до дій за призначенням, раціонального використання пожежної та аварійно-рятувальної техніки.

9) Створює інформаційні системи, які забезпечують централізоване управління силами та засобами протипожежного захисту.

10) Забезпечує постійну готовність підпорядкованих сил і засобів до оперативного реагування на надзвичайні ситуації, пожежі, інші події у лісах, рятування людей та надання інформаційної допомоги населенню.

12) Організовує в установленому порядку залучення авіації до проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування та пожежогасіння.

13) Здійснює постійний збір та обробку оперативної інформації про надзвичайні ситуації різного характеру, чіткого знає оперативну обстановку.

14) Спільно з навчальними закладами організовує періодичні навчання та тренінги щодо організації робіт з оперативного реагування у випадку пожежі чи інших надзвичайних ситуацій.

Основна задача системи оперативного оповіщення про лісові пожежі – приймати та обробляти дані від наземних (телекамери) та космічних засобів (супутники) прийому інформацію. Така система дозволить:

- в режимі реального часу отримувати координати від телекамер та супутникових спостережень;
- ідентифікувати місця теплової аномалії (лісництво, квартал, виділ), зокрема у вигляді координат (широта, довгота);
- визначати найдоступніші за часом маршрути до місць пожежі та водозаборів;
- відправляти повідомлення про координати пожежі та водозабори на автомобілі через GPRS-зв'язок до GPS-навігаторів, який автоматично прокладає відповідні маршрути прямування по карті лісових доріг;
- відстежувати рух пожежного автотранспорту під час гасіння пожеж;

- відстежувати дії, спрямовані на ліквідацію пожежі з часу її виникнення до гасіння;
- зберігати маршрути пересування пожежного автотранспорту;
- здійснювати охоронні функції.

Якщо розглядати динаміку розвитку однієї із лісових пожеж Житомирської області (рис. 3.55), то можна прийти до висновку, що якщо б така система спрацювала, то 26 тис. га лісових насаджень було б збережено, оскільки час між початковою стадією лісової пожежі до активної стадії становив 10 годин.

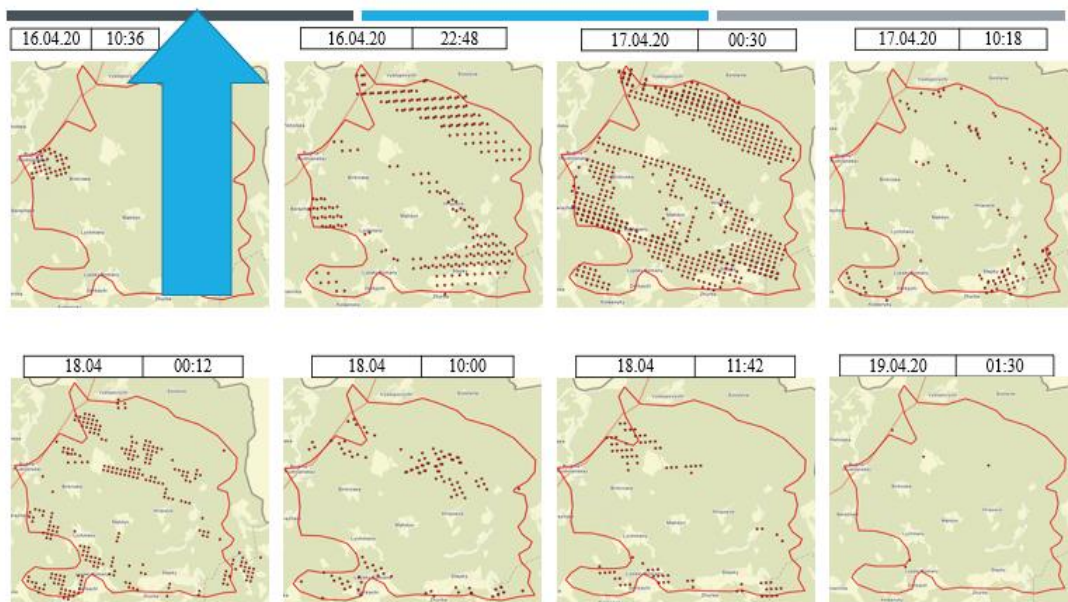


Рис. 3.55. Динаміка розвитку лісової пожежі на території Житомирської області

До того ж, після залучення всіх можливих засобів для боротьби з цією пожежею з 16.04 по 19.04 здавалося, що пожежу було ліквідовано, але як видно з рис 3.55, через 8 годин пожежа перейшла в активну фазу знову. Наявність такої системи оповіщення не дозволила б такому статися.



Рис. 3.56. Відновлення лісової пожежі на території Житомирської області

В загальному робота системи оперативного оповіщення про лісові пожежі представлена на рис. 3.57. Дана система представлена двома паралельними джерелами отримання інформації про лісові пожежі, які одночасно перевіряють та доповнюють одна одну: дані отримані із космічних супутників та камер відеоспостереження.



Рис. 3.57. Алгоритм роботи системи оперативного попередження про лісові пожежі

Дані отримані із космічних апаратів, а саме продукти MODIS групи Теплові аномалії / Пожежі (Thermal Anomalies / Fire) - MOD14 дають інформацію про вогнища пожеж, тобто про локації, «палаючі» в даний конкретний момент часу. Принцип детектування пожеж заснований на їх сильному випромінюванні в середньому інфрачервоному діапазоні.

Наступним етапом є обробка отриманої інформації в середовищі ArcGis, в якому проходить класифікація типу пожежі (клас), додаються необхідні додаткові атрибути (район, населені пункти, лісове господарство, назва лісництва, номер телефону чергового, відповідальної особи за протипожежні заходи та інших відповідальних осіб. Наступним етапом є верифікація отриманих даних відеоспостереженням.

Після обробки інформації відбувається попередження всіх учасників ліквідації надзвичайної ситуації: лісове господарство та відповідне лісництво, місцеві органи влади, територіальний підрозділ МНС, поліція, обласна адміністрація, найближча лікарня. Після цього лісництво перевіряє виявлену теплову аномалію і сповіщає в оберненому зв'язку про стан розвитку (або відсутності) лісової пожежі. Аналогічно відбувається обробка інформації з відеокамер, тільки замість ArcGis середовища використовується програмне

середовище R або Python з розробленим алгоритмом розпізнання візуальних образів на основі методів штучного інтелекту (deep learning).

Потрібно відмітити, що подібні системи попередження функціонують в США. Вони розробляються та удосконалюються відповідними профільними державними університетами (рис. 3.58). До того ж ця система збирає інформацію як про пожежі, так про природно-кліматичні умови, що в майбутньому дає для науковців можливість моделювання ймовірності виникнення лісових пожеж в будь-якій частині лісу цього штату.

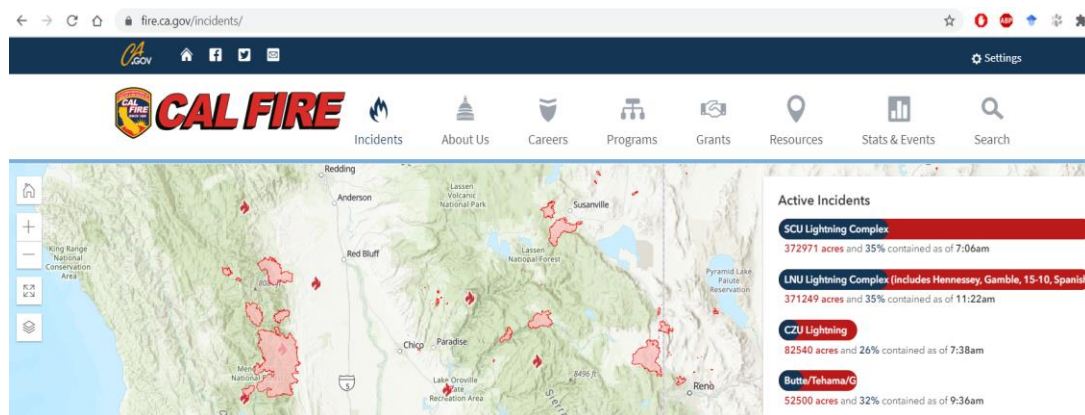


Рис. 3.58. Система контролю та попередження лісових пожеж (США, Каліфорнія)

Враховуючи світовий досвід, таку систему доцільно підсилити засобами (технологіями) оповіщення лісових пожеж жителями заліснених територій та випадковими спостерігачами (туристи, грибники, водії транспортних засобів, що перетинають заліснені території тощо). Така система буде базуватися на інформуванні та забезпеченні каналами інформації населення та випадкових спостерігачів у формі телефонних номерів та автоматичних веб-інформаторів (QR-code) на біг-бордах, плакатах та інших візуальних засобах передачі інформації (на всьому шляху руху автотранспорту або на входах в лісові насадження) (рис. 3.59).

Імплементація такої комплексної системи в життя дозволить повністю контролювати виявлення пожеж на заліснених територіях. За результатами проведеної роботи до Комітету з питань екологічної політики та природокористування Верховної Ради України (Лист № 1199/1-17 від 31.07.2020 року направлені наступні рекомендації:

1. Законодавчо-нормативні:

1.1. Подати до органів державного управління пропозиції щодо необхідності внесення доповнень до Глави 13 Кодексу цивільного захисту України (документ 5403-VI, чинний, поточна редакція від 02.04.2020 р.) щодо виділення лісових пожеж в окремий вид небезпеки, що вимагає спеціальних умов профілактики, попередження та боротьби з ними.

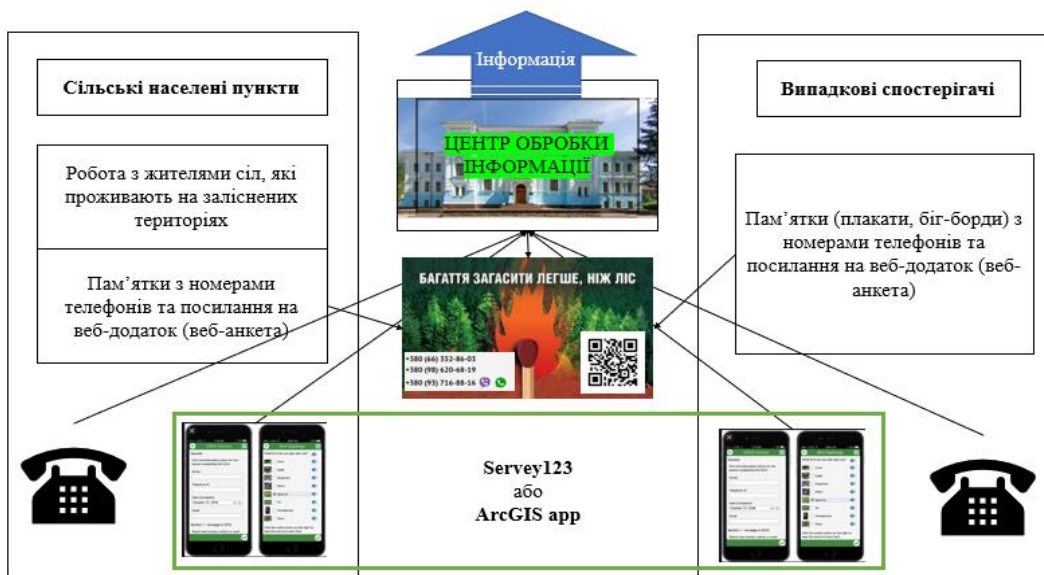


Рис. 3.59. Додаткова система попередження виникнення лісових пожеж

1.2. Порушити клопотання перед Держлісагентством України про необхідність надання Кабінету Міністрів України пропозицій щодо посилення адміністративної та кримінальної відповідальності за всі види палів, в тому числі на землях приватної форми власності та повну їх заборону в певні періоди. Також передбачити покладення відповідальності за порушення чинного законодавства в частині запобігання пожежам на власників (користувачів) земельних угідь незалежно до форм власності.

1.3. На законодавчому рівні передбачити організацію спеціальних підрозділів (у структурі ДСНС, лісогосподарських підприємств всіх форм підпорядкування, територіальних громад), які повинні бути оснащені або залучати на період гасіння пожеж необхідні технічні засоби, пройти спеціальне навчання щодо особливостей гасіння лісових пожеж площею понад 50 га. До керівництва такими підрозділами залучати працівників лісового господарства, що пройшли спеціальне навчання з організації керування операціями з гасіння масштабних пожеж з наданням їм повноважень залучати для гасіння пожеж техніку та людські ресурси адміністративно-територіальних одиниць в зоні пожежі.

1.4. Внести зміни до Державного класифікатора професій ДК-003-2010 та його складових частин стосовно спеціальної професії «Пожежний – рятувальник на гасінні лісових пожеж» до Національного класифікатора професій ДК 003-2010 та присвоїти їй відповідний код. Внести до названого класифікатора спеціальності та назви рівнів освіти відповідно до Закону України «Про фахову передвищу освіту» (Закон від 06.06.2019 № 2745-VIII, редакція станом на 20.03.2020).

1.5. Надати працівникам лісової охорони комунальних, військових та інших лісогосподарських підприємств (крім підприємств приватної форми

власності) на період виконання ними функцій охорони та захисту лісу права працівників Державної лісової охорони в частині притягнення до адміністративної відповідальності осіб, що здійснили порушення Правил пожежної безпеки, наслідками яких можуть стати лісові пожежі.

2. Інформаційно-просвітницькі:

2.1. Активізувати профілактично-роз'яснювальну роботу щодо інформування населення про причини виникнення та способи запобігання лісовим пожежам. Для цього задіяти органи місцевого самоврядування, підрозділи Національної поліції та ДСНС, лісогосподарські та природоохоронні служби і установи, засоби масової інформації та навчальні заклади. Охопити такою роботою все населення, включаючи працююче і пенсіонерів, учнів шкіл, 3 закладів професійної, фахової та вищої освіти, працівників державних установ, медичних закладів та всіх інших суб'єктів господарювання.

2.2. Створити дієву систему спостереження та своєчасного виявлення лісових пожеж шляхом встановлення відеокамер у лісових масивах всіх користувачів. Подати Кабінету Міністрів України пропозиції щодо обов'язкового залучення до встановлення камер відео спостереження всіх висотних об'єктів (димарі теплоенергетичних блоків, опори та ретранслятори засобів зв'язку, в тому числі мобільного тощо) незалежно від форм власності і підпорядкування. Сигнали всіх відеокамер спостереження об'єднати в єдину систему моніторингу з центром в регіоні.

3. Організаційно-технічні:

3.1. Здійснити невідкладні заходи щодо покращення санітарного стану лісів, організувати очистку лісів, квартальних просік та лісових доріг від захаращення, в т.ч. із залучення місцевого населення до заготівлі дров.

3.2. Організувати в пожежонебезпечні періоди регулярне відео спостереження за лісовими масивами з залученням засобів малої авіації, БПЛА, квадрокоптерів тощо.

3.3. Провести облік місць можливого забору води пожежними автомобілями, сформувавши єдину мережу водозабору. Обладнати всі водойми, що ввійдуть до мережі, спусками і заїздами. При відсутності природних та штучних водойм в радіусі понад 10 км розробити план влаштування протипожежних водойм, буріння свердловин, облаштування гідрантів, під'їзних шляхів.

3.4. Провести закупівлю або міжвідомчу передачу необхідних засобів індивідуального захисту та спецодягу, ранцевих обприскувачів та вогнегасників, мотоциклів, квадроциклів, легкових автомобілів типу «пікап» або «фургон», протипожежної техніки (БАТ-2, пожежні автомобілі, трактори, ґрунтмети, квадрокоптери тощо) для формування потужних протипожежних обласних загонів швидкого реагування.

3.5. Залучити всі територіальні підрозділи метеослужб (в тому числі в підрозділах цивільної та військової авіації) для постійного отримання параметрів погоди на території області в режимі реального часу.

3.6. Започаткувати обробку мінералізованих протипожежних смуг та живого надґрунтового покриву у найбільш пожежонебезпечних місцях вогнезахисними речовинами. з лісовими пожежами.

Реалізація даної дорожньої карти дасть змогу створити дієву інтегровану систему моніторингу та попередження лісових пожеж та механізм просторової оцінки небезпеки виникнення лісових пожеж з використанням ГІС, а також забезпечити своєчасну оцінку та прогнозування соціально-економічних й екологічних наслідків, спричинених лісовими пожежами.

3.4. Інформаційне забезпечення управління лісовими ресурсами з використанням даних ДЗЗ

З моменту запуску першої міжнародної супутникової сенсорної програми, призначеної для моніторингу ресурсів Землі, минуло три десятиліття¹²⁹. Протягом цього періоду лісові ресурси зазнають дедалі більшого тиску, тому управління ними та їх використання має бути підкріплене інформацією про їх властивості на багатьох рівнях. Супутникове дистанційне зондування використовувалось при оцінці лісових ресурсів з моменту запуску першого супутникового датчика ресурсів Землі (ERTS) у 1972 р. Відтоді були розроблені методики для спектрального аналізу лісів та картографування в регіональному масштабі даних щодо знищення лісових масивів, визначення віку, породного складу та типів лісу, а також їх екологічного стану^{130,131,132,133}. Використання ДЗЗ при оцінці лісових ресурсів забезпечує три рівні інформації; а саме просторовий масштаб лісистості, який можна використовувати для оцінки просторової динаміки лісистості; тип лісу, біофізичні та біохімічні властивості лісів. Оцінка інформації про ліси з часом відкриває можливості для всебічного моніторингу лісових ресурсів та виконання спектру функцій, які дозволять підняти рівень екологічної безпеки

¹²⁹ Boyd D. S., Danson F. M. Satellite remote sensing of forest resources: three decades of research development. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. 2005. Vol. 29 (1). P. 1–26. URL: <https://doi.org/10.1191/0309133305pp432ra>

¹³⁰ Combining national forest inventory field plots and remote sensing data for forest databases / Erkki Tomppo, Håkan Olsson, Göran Ståhl et al. *Remote Sensing of Environment*. 2008. Vol. 112 (5). P. 1982–1999. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.03.032>

¹³¹ Natural forest mapping in the Andes (Peru): a comparison of the performance of machine-learning algorithms / Vega Isuhuaylas L. A., Hirata Y., Ventura Santos L. C., Serrudo Torobeo N. *Remote Sensing*. 2018. Vol. 10 (5). P. 782.

¹³² Valbuena R., Maltamo M., Packalen P. Classification of forest development stages from national low-density lidar datasets: a comparison of machine learning methods. *Revista de Teledetección*. 2016. Vol. 45. P. 15–25.

¹³³ Wessel M., Brandmeier M., Tiede D. Evaluation of different machine learning algorithms for scalable classification of tree types and tree species based on Sentinel-2 data. *Remote Sensing*. 2018. Vol. 10 (9). Article 1419.

лісових екосистем на вищій щабель¹³⁴.

У багатьох країнах нині ДЗЗ з високою роздільною здатністю застосовується для класифікації ландшафтів, що потерпають від руйнування та вирубки лісів, при цьому карти земельного та лісового покриття використовують як базові дані для побудови точних наборів даних, а цифрові карти та база даних хвойних порід використовується у якості довідкових даних¹³⁵. З нагальних проблем лісового господарства слід виокремити лісові пожежі, знеліснення та ураженість лісів шкідниками та хворобами, які будуть розглянуті у даному дослідженні. Моделювання пожежного ризику в очікуваному сценарії кліматичних змін вказують, що протягом відносно короткого періоду найближчих десятиліть згубність лісових пожеж збільшиться^{136, 137}. Досить непередбачуваними в силу тих же причин наразі є показники ураженості лісів шкідниками та хворобами, що призводять до масового всихання соснових насаджень на Поліссі України. Існуючі стратегії управління, які включають готовність та раннє попередження, не можуть бути узагальненими завдяки різноспрямованим та багатовимірним ефектам екологічних небезпек в різних рослинних зонах та екосистемах та у різноманітних культурних, соціальних та економічних факторах¹³⁸. Однак, на відміну від більшості геологічних та гідрометеорологічних небезпек, включених до Міжнародної програми скорочення та раннього попередження стихійних лих (International Decade of Natural Disaster Reduction (IDNDR) Early Warning Programme) у більшості випадків, лісові пожежі та поширення хвороб і шкідників представляють природні небезпеки, які можна передбачати, контролювати і, у багатьох випадках, запобігати¹³⁹. Системи раннього попередження є важливими компонентами систем управління захистом лісів.

У ході досліджень здійснено детальний аналіз та оптимізацію інформаційного вмісту багаточасових наборів даних Sentinel-2 для виявлення змін лісового покриття Полісся, ураженого шкідниками та пошкодженого пожежами.

Для апробації методу було обрано лісові ділянки ДП «Народицьке СЛГ» Житомирської області. Зображення ділянки лісу трьох різних років (2017, 2018 та 2019) були відкалібровані шляхом автоматичного дешифрування супутникових знімків.

¹³⁴ The relationship between landscape diversity and crops productivity: Landscape scale study / Zymarioieva A., Zhukov O., Fedoniuk T. et al. *Journal of Landscape Ecology (Czech Republic)*. 2021. Vol. 14 (1). P. 39–58. URL: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2021-0003>

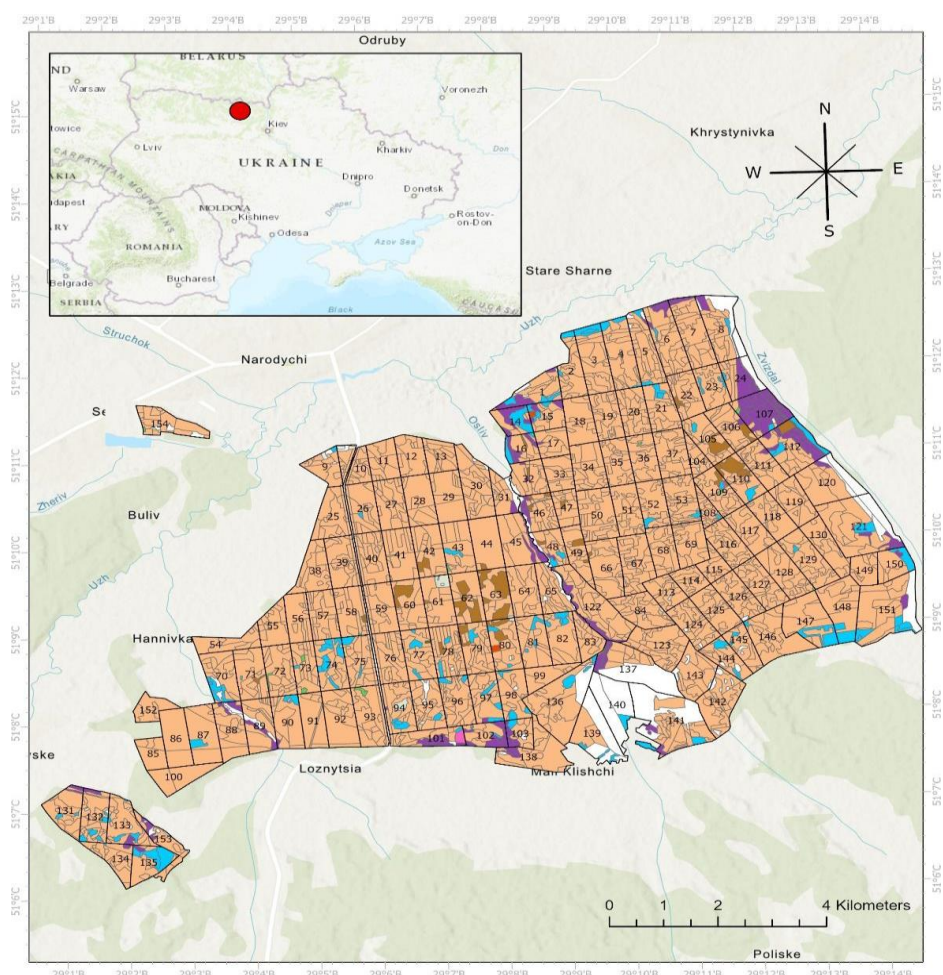
¹³⁵ Classification of Landscape Affected by Deforestation Using High-Resolution Remote Sensing Data and Deep-Learning Techniques / Lee S. H., Han K. J., Lee K. et al. *Remote Sensing*. 2020. Vol. 12, № 20. Article 3372.

¹³⁶ Knorr W., Arneth A., Jiang L. Demographic controls of future global fire risk. *Nature Climate Change*. 2016. Vol. 6 (8). P. 781–785.

¹³⁷ Assessing climate change impacts on wildfire exposure in Mediterranean areas / Lozano O. M., Salis M., Ager A. A. et al. *Risk Analysis*. 2017. Vol. 37 (10). P. 1898–1916.

¹³⁸ A climate-change risk analysis for world ecosystems / Scholze M., Knorr W., Arnell N. W., Prentice I. C. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2006. Vol. 103, № 35. P. 13116–13120.

¹³⁹ The UN Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. URL: <https://gar.undrr.org/report-2019>



Legend:

- | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| □ Boundary of the quarters | ■ Aspen, gray alder | ■ Black alder |
| Tree species, growth class: | ■ Poplar, willow | ■ Pine, larch, cedar |
| □ Swamps | ■ Birch | ■ Low-stemmed oak |
| ■ White acacia, sagebrush, sophora | ■ Spruce, fir, juniper, pseudotsuga | ■ High-stemmed oak (red oak) |

Рис. 3.60. Територія досліджень (ДП «Народичське» СЛГ Житомирської області)

Для моніторингу безпеки ландшафтів застосовані наступні індекси, які є похідними від спектральних каналів сенсорів, що встановлені на супутниках Landsat-8 або Sentinel-2 (ratio of spectral bands)¹⁴⁰. Геометричне випрямлення супроводжувалось процедурами нормалізації та корекції атмосфери. Нормалізація полягала у статистичній регресії з плином часу на основі просторово чітко визначених та спектрально стабільних особливостей ландшафту, що охоплювали весь діапазон відбиття. Механізм коригування

¹⁴⁰ Kunah O. M., Papka O. S. Ecogeographical determinants of the ecological niche of the common milkweed (*Asclepias syriaca*) on the basis of indices of remote sensing of land images. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*. 2016. Vol. 24, № 1. P. 78–86. URL: <https://doi.org/10.15421/011609>

використовував техніку віднімання темного об'єкта, що включає опубліковані значення відбиття води. Зв'язок між цифровими даними та лісовим покривом було максимізовано та покращено інтерпретацію шляхом перетворення значень відбиваючої здатності, характерних для смуги, у показники рослинності.

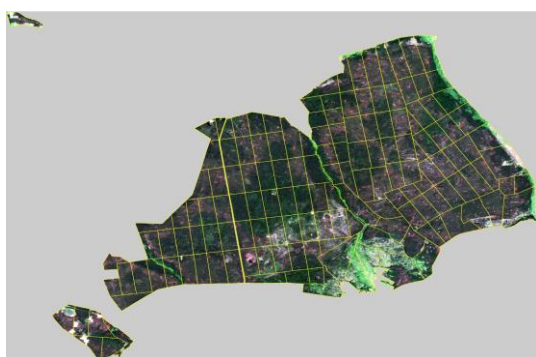
Ділянку обрано з огляду на дані маршрутних обстежень та вивчення даних лісовпорядкування відповідного господарства та використані методики, описані вище.

Індекси рослинної бітемпоралі для кожного інтервалу часу (щороку протягом трьох років) піддавались двом алгоритмам виявлення змін, стандартизованому диференціюванню та селективному аналізу основних компонентів. Оптимальний вибір ознак базувався на статистичних показниках розбіжностей. Для автоматизованого дешифрування було застосовано такі алгоритми класифікації: метод максимальної подібності; кластерна класифікація без навчання; основний аналіз компонентів (ЗСФ); класифікація Random Forest. Вказані методи тестувалися на знімках з різною комбінацією каналів. Шляхом відбору було визначено, що застосування методу максимальної подібності з синтезом каналів 2/3/4/8 для багаточасових наборів даних Sentinel-2 є найбільш точним та інформативним щодо виявлення ділянок всихання лісів та спектральних каналів 12/8a/4 – для виявлення згарищ та пожеж.

Аналіз поточної ситуації ДП «Народицьке СЛГ» показав, що загалом на початок 2020 р. осередки всихання соснових насаджень виявлені на площі 1173 га, при цьому площа насаджень з поодинокими випадками всихання – 32 га, груповими – 306 га та куртинними – 1116 га. За статистичними даними господарства, 1065 га площ соснових насаджень уражені верхівковим короїдом.

У ході досліджень отримано багаточасові набори даних Sentinel-2 для виявлення змін лісового покриву Полісся, що мають ознаки всихання. Зображення ділянки лісу трьох різних років (2017, 2018 та 2019) були відкалібровані шляхом автоматичного дешифрування супутникових знімків (рис. 3.61). Уражені стовбуровими шкідниками дерева характеризуються матовим відтінком крони та осипанням хвої, що легко ідентифікується за використання методів ДЗЗ. Це дозволило визначити площі ураження: для 2017 р. це 365 га ураженого лісу, що становило 4,8% від загальної площі лісгоспу, для 2018 р. – 441 га та 5,8 % та для 2019 р. – 634 га та 8,3 % відповідно.

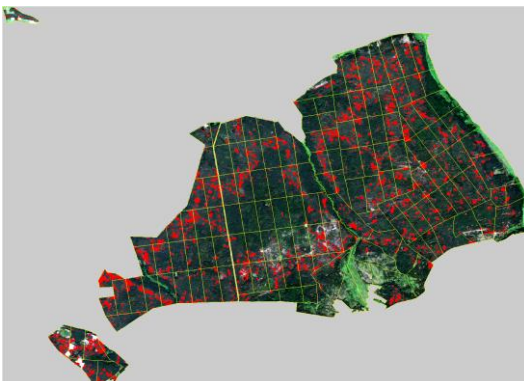
Результати показують, що взаємозв'язок між відбиваючими даними ТМ та зміною пологів лісу є досить явним, щоб мати можливість оперативного використання на етапі стратифікації змін лісового покриву до більш детальної оцінки.



2017



2018



2019

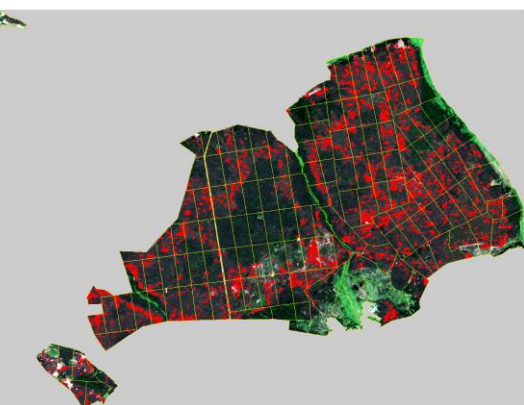
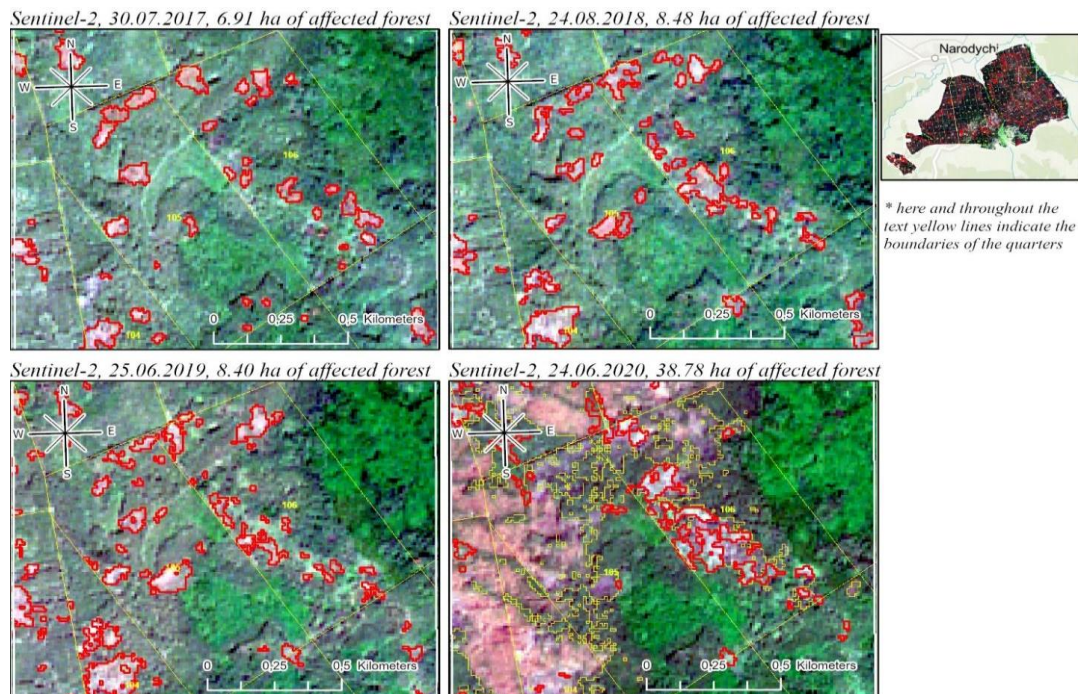


Рис. 3.61. Результати застосування методу максимальної подібності з синтезом каналів 2/3/4/8 для багаточасових наборів даних Sentinel-2 на предмет виявлення осередків всихання соснових насаджень

Для кожного знімку отримали растрове зображення з виділеними всохлими насадженнями, які автоматично було переведено у векторний формат для полегшення обрахунків площ ураження у розрізі кварталів (рис. 3.62). Для прикладу розглянемо 105 та 106 лісовий квартал. Дані чітко

дозволяють відслідковувати осередки куртинного та групового всихання соснових насаджень.



**Рис. 3.62. Приклади обробки кварталів 105 та 106
ДП «Народицьке СЛГ» при застосуванні застосування
методу максимальної подібності**

Отримані площі ураження верхівковим короїдом співставили з фактичними натурними даними щодо ураження відповідних кварталів господарства з використанням загальної лінійної моделі, яка поєднує у собі можливості регресійного та дисперсійного аналізів. В даному випадку поєднано континуальний (дані Sentinel-2) та дискретний предиктори (роки), які попарно відобразили у вигляді чітких лінійних залежностей для кожного досліджуваного року з коефіцієнтами кореляції $r = 0,93-0,94$, що є статистично вірогідними (рис. 3.63).

Окрім цього, було здійснено статистичну характеристику отриманої загальної лінійної моделі залежності спостережуваних значень ураженості соснових насаджень, одержаних на основі ДЗЗ.

Враховуючи, що у дослідженні враховані декілька предикторів, які скорельовані та взаємозалежні між собою, визначено, що $Radj = 0.90$. Це засвідчує високу інформативність та результативність моделі (табл. 3.3).

Зважаючи на дані таблиці 3.3, статистична значимість моделі також дуже висока ($p < 0.001$). Для побудови прогнозних моделей застосовано

спостережувані регресійні та бета-регресійні коефіцієнти загальної лінійної моделі, які дозволили визначити вагомість предикторів.

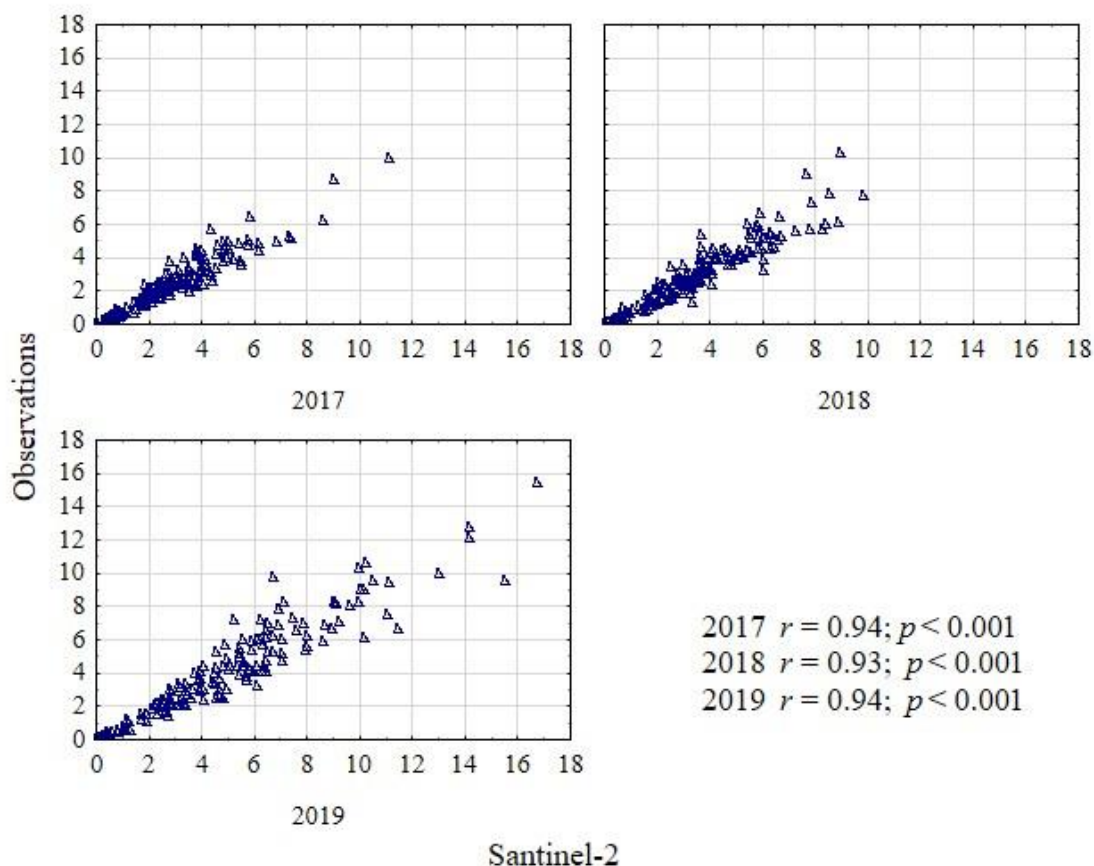


Рис. 3.63. Діаграми розсіювання для залежностей спостережуваних значень (вісь ординат) від значень, одержаних на основі даних дистанційного зондування Землі (вісь абсцис) за роками

Зокрема, слід відзначити, що предиктор «рік» характеризується низькою вагомістю, тобто модель є стаціонарною та не залежить від часових параметрів.

Таблиця 3.2 – Загальна лінійна модель залежності спостережуваних значень від значень, одержаних на основі даних ДЗЗ (Radj = 0.90, F = 1335.9, $p < 0.001$)

Вплив	Сума квадратів (SS)	Ступені волі	Середня сума квадратів (MS)	F-відношення	p-рівень
Intercept	0.01	1	0.01	0.02	0.88
Santinel-2	2000.10	1	2000.10	3540.54	<0.001
Рік	0.09	2	0.04	0.08	0.92
Помилка	248.56	440	0.56	–	–

Таблиця 3.3 – Регресійні коефіцієнти Загальної лінійної моделі залежності спостережуваних значень від значень, одержаних на основі даних ДЗЗ

Вплив	Рівень фак-тора	r-рівень	Регресійні коефіцієнти			Бета-регресійні коефіцієнти		
			коефіцієнт±ст. помилка	−95.00%	+95.00%	коефіцієнт±ст. помилка	−95.00%	+95.00%
Intercept	–	0.88	−0.01±0.07	−0.14	0.12	–	–	–
Santinel-2	–	0.00	0.84±0.01	0.82	0.87	0.95±0.02	0.92	0.98
Year	2017	0.88	0.01±0.05	−0.09	0.11	0.00±0.02	−0.03	0.04
Year	2018	0.79	0.01±0.05	−0.09	0.11	0.00±0.02	−0.03	0.04

Найбільшу вагомість як предиктора мають значення багаточасових наборів даних Sentinel-2. Їх значення, стандартна помилка та довірчий інтервал підтверджують достатність лише цього предиктора для формування оцінки та прогнозів всихання соснових насаджень без урахування значень інших предикторів. Найкращий вигляд моделі залежності спостережуваних значень від значень, одержаних на основі даних ДЗЗ:

$$Y = 0.84 \times X,$$

де Y – прогнозоване значення, X – спостережуване значення.

Аналогічним маніпуляціям піддаються космічні знімки на отримання інформації щодо площ згарищ. На рис. 3.64 методом максимальної подібності з синтезом каналів 12/8a/4 для багаточасових наборів даних Sentinel-2 виявлено площі згарищ.

Для прикладу розглянемо 105 та 106 лісовий квартал (рис. 3.65), де навесні 2020 р. вирували лісові пожежі. На зображеннях Sentinel-2A з великою роздільною здатністю для ідентифікації згарищ та пожеж використовуються спектральні канали (12/8a/4), а також за допомогою Sentinel-Playground¹⁴¹ від Sinergise¹⁴² можна використовувати поєднання смуг SWIR та NIR Sentinel -2 або Landsat, які дозволяють скласти точні карти спалених районів.

Смуга SWIR чутлива до вмісту води в ґрунті та рослинності, тоді як смуга NIR чутлива до стану рослинності (фотосинтетична активність). Крім того, сяйво, виміряне космічним датчиком на довжинах хвиль SWIR, зростає, якщо поверхня дуже гаряча (рис. 3.65).

Як результат, простий кольоровий композит смуг SWIR / NIR / Red дає чіткі контури згарищ і може виділити поточні ділянки пожежі, якщо дим не надто непрозорий.

¹⁴¹ Sentinel-hub playground. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground>

¹⁴² Sinergise: Sentinel Hub. URL: <https://sinergise.com/en/solutions/sentinel-hub>

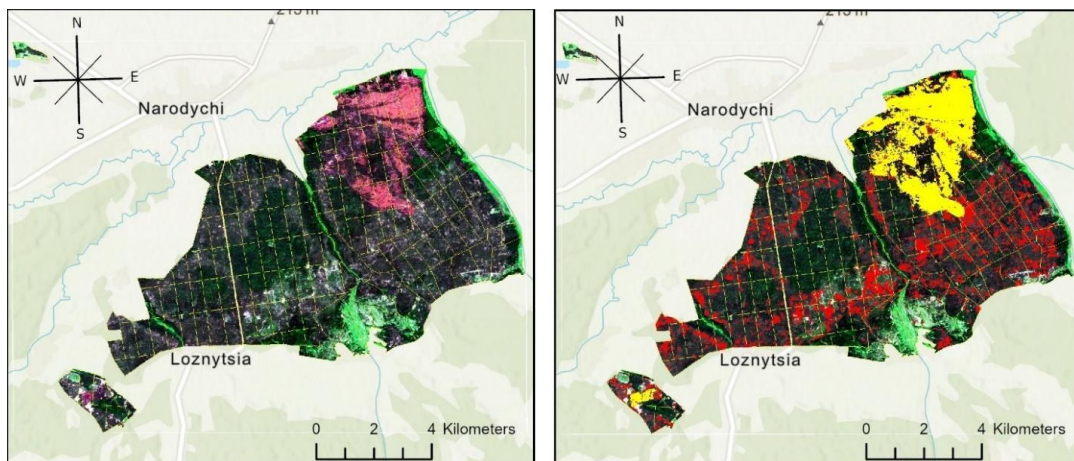


Рис. 3.64. Результати застосування методу максимальної подібності з синтезом каналів 12/8a/4 для багаточасових наборів даних Sentinel-2 на предмет виявлення згарищ

Результати цього дослідження вказують на високий потенціал даних Sentinel-2 для застосування в прикладних задачах лісового господарства та аналізу рослинності, незважаючи на декаметрову просторову роздільну здатність.

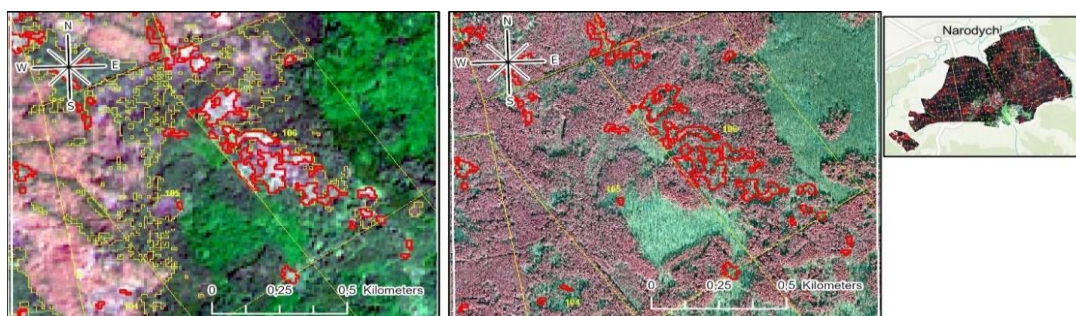


Рис. 3.65. Sentinel-2 24.06.2020, після пожежі, знімок з КА високого просторового розрізнення до виникнення пожежі

Запропонований робочий процес досяг загальної точності класифікації 90% для Поліського регіону, вказуючи на його надійність та потенціал для масштабування на більший рівень, а запропонована прогнозна модель має стаціонарний характер та не залежить від часових параметрів. Тестування різних комбінацій смуг для поліпшення результатів класифікації, підкреслив важливість смуги 8 у поєднанні з червоними смугами краю, а також інших смуг роздільної здатності 10 м для літніх сцен. Червона крайова частина демонструє чітко видимі відмінності в спектральних профілях, але смуги з більш високою роздільною здатністю 10 м мали вирішальне значення для хороших результатів.

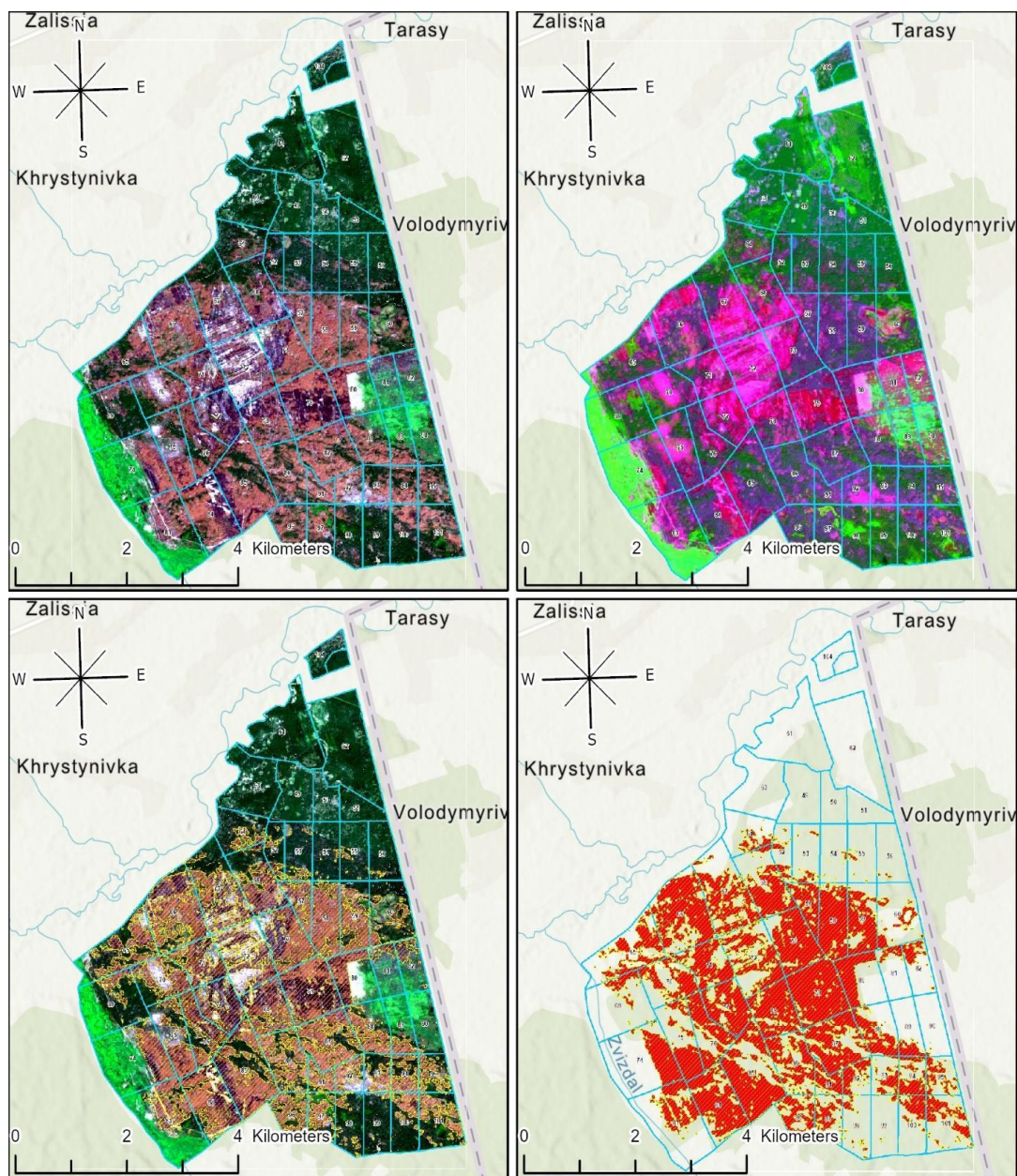


Рис. 3.66. Векторний шар лісу, ураженого пожежею (14,21 га), Заліське лісництво, ДП «Народицьке СЛГ» (класифікація методом найбільшої подібності)

Менша просторова роздільна здатність (20 м) для області червоного краю (смуги 5-7) дещо зменшує її здатність правильно класифікувати рослинність, в тому числі і деревну. Шляхом відбору було визначено, що застосування методу максимальної подібності з синтезом каналів 2/3/4/8 для

багаточасових наборів даних Sentinel-2 є найбільш точним та інформативним щодо виявлення ділянок всихання лісів та спектральних каналів 12/8a/4 – для виявлення згарищ та пожеж.

Встановлено, що запропонована конфігурація добре підходить для використання і на більших площах зі схожою структурою лісу і дозволяє спростити робочий процес для прикладного лісового господарства, надаючи результати аналізу безпосередньо мобільним додаткам для перевірки та збору даних на місцях. Доведено, що дані Sentinel-2 є придатною, безкоштовною альтернативою комерційним супутниковим даним з більш високою просторовою роздільною здатністю для класифікації дерев за допомогою алгоритмів машинного навчання.

3.5. Соціально-економічний ефект підтримки прийняття рішень у сфері екологічної безпеки

Впровадження інтегрованої системи оцінки та управління ризиками екологічних катастроф та ліквідації наслідків лісових пожеж з використанням сучасних геоінформаційних систем та космічних технологій дистанційного зондування поверхні Землі має надзвичайне значення не лише для отримання економічних ефектів, у вигляді збереження ресурсів, що витрачаються щорічно під час ліквідації пожеж. Ефекти від імплементації цієї системи ми розглядаємо крізь відвернутих можливих збитків, що заподіюють ці пожежі навколишньому середовищу.

Для прикладу, пожежі, що прокотилися територією Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника протягом квітня 2020 року призвели до низки втрат економічного, соціального та природоохоронного характеру. Тоді, на території Заповідника фіксувалися 4 найбільших осередки пожеж, які за даними «Звіту комісії щодо оцінки наслідків від пожеж в екосистемах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника протягом квітня 2020 р.», охоплювали територію понад 51 806,5га.

Причинами пожеж став комплекс природних та антропогенних факторів, а саме аномальні погодні умови 2019–початку 2020 року, низьке зволоження заплавлі річок, водно-болотних угідь і торфовищ, пересихання частини протипожежних водойм, що утруднювало боротьбу з пожежами, тощо. В результаті понад 32 тис.га лісів., 10 тис. га перелогів, 3,5 тис. га боліт на території Заповідника знищено. Сума збитків від пожежі на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника за даними Звіту комісії щодо оцінки наслідків від пожеж в екосистемах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника протягом квітня 2020 р.», у 2020 році становила 8523677,182 тис.грн, з них втрати від знищення лісів – 8075114,922 тис. грн, втрати від знищення підросту та

самосіву на перелогах – 441874,125 тис.грн, втрати від знищення водно-болотних угідь – 4974,595 тис.грн, втрати від знищення гнізд птахів – 1713,540 тис.грн тощо. Крім цього, важко порахувати збитки від недоотриманих надходжень при провадженні рекреаційної, наукової, природоохоронної, туристсько-екскурсійної та інших видів діяльності.

Небезпека, заподіяна цими пожежами у південно-західній частині Заповідника не обмежувалася лише втратами природних ресурсів, але торкалася і зони поводження з радіоактивними відходами, тому площа і збитки є відповідно вищими, а небезпека для життя та здоров'я суспільства гострішою. Впровадження інтегрованої системи запобігання та виявлення пожеж передбачає окрім попередження масштабних економічних втрат, ще й колосальний соціальний ефект. Він полягає у запобіганні руйнуванню цінних оселищ та ландшафтів, втрат тваринного та рослинного світу тощо. За результатами попередніх досліджень впливу пожеж на фауну Заповідника, вогонь обумовлював масові міграції птахів та ссавців великих та середніх розмірів у безпечні зони. Однак, все ж цілком імовірною була втрата частини новонародженого молодняка. Для прикладу перший виводок зайця сірого ймовірно був знищений. Частково втраченими у 2020 були і деякі популяції плазунів, дрібних ссавців та комах, що не володіють пристосуваннями до швидких переміщень на значні відстані. Пожежі також призводили і до втрат кормової бази для копитних та інших травоядних.

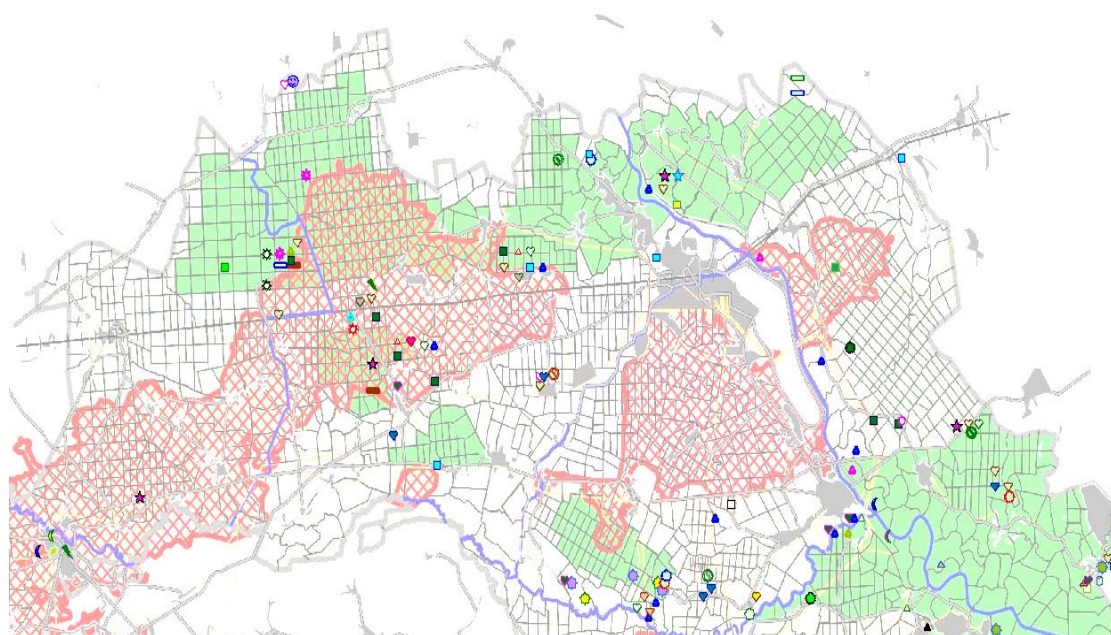
У місцях інтенсивних низових пожеж були знищені мурашники, хоча вони і мають швидкі темпи самовідновлення. Верхові пожежі та інтенсивні низові пожежі призводили також до знищення гнізд крупних птахів, таких як бородата сова, пугач, орлан-білохвіст, малий та великий підорлики, лелека чорний та ін. Пожежі прокотилися територією заповідника у період коли були відсутні кладки яєць, таким чином втрат генерації вдалося уникнути. Загальна сума збитків від знищення гнізд птахів становила (відповідно до додатку 1 до постанови Кабінету Міністрів України № 1030 від 7 листопада 2012 р.) 1713,540 тис. грн.

У Літописі природи¹⁴³ та інших наукових публікаціях¹⁴⁴, значною мірою пошкодженими, а також частково втраченими, в межах Заповідника визначено низку рідкісних біотопів, які мають велике природоохоронне значення та занесені до оселищ з Резолюції 4 Постійного комітету Бернської конвенції (14 біотопів), до «Зеленої книги України» (2009).

Значно та помірно пошкодженими у межах Заповідника є 2 угруповання. У той же час, заповідне ядро Заповідника не зазнало сильного впливу та збереглося, що забезпечить подальше збереження біорізноманіття та виконання інших природоохоронних функцій (рис. 3.68).

¹⁴³ Літопис природи. Т. 4. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник / Галущенко О. М., Мельничук Т. В., Вишневецький Д. О. та ін. Київ, 2021. 225 с.

¹⁴⁴ Assessment of the consequences of forest fires in 2020 on the territory of the chornobyl radiation and ecological biosphere reserve / Fedoniuk T., Borsuk O., Melnychuk T. et al. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24 (8). P. 26–36. URL: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(8\).2021.26-36](https://doi.org/10.48077/scihor.24(8).2021.26-36)



Умовні позначення:

- | | | | |
|---|--|---|---|
| ○ | - <i>Aldrovanda vesiculosa</i> | ▲ | - <i>Calla palustris</i> |
| ● | - <i>Pedicularis palustris</i> | △ | - <i>Stipa borysthena</i> |
| ■ | - <i>Salix lapponum</i> (точка приблизна) | ▲ | - <i>Carex paniculata</i> (точка приблизна) |
| ■ | - <i>Salix myrtiloides</i> | ▲ | - <i>Carex umbrosa</i> |
| ■ | - <i>Salix starkeana</i> (точка приблизна) | ▲ | - <i>Juncus bulbosus</i> (точка приблизна) |
| ○ | - <i>Viola uliginosa</i> | ▲ | - <i>Iris sibirica</i> |
| ○ | - <i>Drosera rotundifolia</i> | ▲ | - <i>Lilium martagon</i> |
| □ | - <i>Huperzia selago</i> | ▲ | - <i>Veratrum lobelianum</i> (точка приблизна) |
| ■ | - <i>Lycopodium annotinum</i> (точка приблизна) | ▲ | - <i>Caulinia minor</i> (точка приблизна) |
| ■ | - <i>Salvinia natans</i> | ▲ | - <i>Najas major</i> (точка приблизна) |
| ■ | - <i>Polypodium vulgare</i> | ▲ | - <i>Cephalanthera rubra</i> (близ Дитяток точка приблизна) |
| ■ | - <i>Matteuccia struthiopteris</i> (точка приблизна) | ▲ | - <i>Dactylorhiza incarnata</i> (точка приблизна) |
| ■ | - <i>Botrychium multifidum</i> (точка приблизна) | ▲ | - <i>Dactylorhiza fuchsii</i> |
| ■ | - <i>Ophryoglossum vulgatum</i> | ▲ | - <i>Epipactis helleborine</i> (точка приблизна) |
| ■ | - <i>Picea abies</i> (точка приблизна) | ▲ | - <i>Epipactis palustris</i> |
| ■ | - <i>Juniperus communis</i> | ▲ | - <i>Goodyera repens</i> |
| ▲ | - <i>Alisma gramineum</i> (точка приблизна) | ▲ | - <i>Gymnadenia conopsea</i> (точка приблизна) |
| ▲ | - <i>Allium ursinum</i> | ▲ | - <i>Hammarbya paludosa</i> (точка приблизна) |
| ▲ | - <i>Sparganium minimum</i> (точка приблизна) | ▲ | - <i>Neottia nidus-avis</i> |
| ▲ | - <i>Zannichellia palustris</i> (точка приблизна) | ▲ | - <i>Platanthera bifolia</i> |
| ▲ | - <i>Leucanthemella serotina</i> (точка приблизна) | ▲ | - <i>Platanthera chlorantha</i> |
| ▲ | - <i>Dianthus stenocalyx</i> | ▲ | - <i>Bromopsis benekenii</i> (точка приблизна) |
| ★ | - <i>Silene lithuanica</i> | ▲ | - <i>Potamogeton rutilus</i> (точка приблизна) |
| ★ | - <i>Gentiana pneumonanthe</i> | ▲ | - <i>Jovibarba globifera</i> (точка приблизна) |
| ■ | - <i>Chenopodium acerifolium</i> (точка приблизна) | ● | - <i>Sempervivum ruthenicum</i> |
| ■ | - <i>Lythrum hyssopifolia</i> (точка приблизна) | ★ | - <i>Andromeda polifolia</i> (точка приблизна) |
| ■ | - <i>Polemonium caeruleum</i> | ★ | - <i>Oxycoccus palustris</i> |
| ■ | - <i>Trapa natans</i> | ★ | - <i>Ledum palustre</i> |
| ■ | - <i>Chimaphila umbellata</i> | ★ | - <i>Clematis recta</i> |
| ■ | - <i>Moneses uniflora</i> | ★ | - <i>Trollius europaeus</i> (точка приблизна) |
| ■ | - <i>Pyrola chlorantha</i> (точка приблизна) | | |
| ■ | - <i>Batrachium aquatile</i> (точка приблизна) | | |

Рис. 3.67. Розповсюдження видів рослин, що занесені до Червоної книги України та пошкодження їх місцезростань внаслідок лісових пожеж 2020 року (згідно ¹⁴⁵)

¹⁴⁵ Літопис природи. Т. 4. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник / Галущенко О. М., Мельничук Т. В., Вишневський Д. О. та ін. Київ, 2021. 225 с.

Серед рідкісних і зникаючих видів флори та фауни тут фіксувалися: лілія лісова, любка зеленіваткова, короличка пізня, комонничок зігнутий, осока затінкова, плаун річний, смілка литовська, сон широколистий, сон чорніючий та ін. Зазначалися у наших попередніх звітах та публікаціях, деякі цінні та рідкісні біотопи, що володіють особливо важливим природоохоронним значенням та внесені до переліку оселищ Резолюції 4 Постійного комітету Бернської конвенції було пошкоджено, а подекуди і втрачено. Зокрема, сюди увійшли:

- D2.3 – перехідні болота і плавні - понад 5 га;
- D5.2 – болота з домінуванням великих осок – понад 50 га;
- E 1.9 – незімкнуті сухі ацидофільні й нейтрофільні трав'яні угруповання - понад 100 га;
- E2.2 – рівнинні сінокосі луки – понад 10 га;
- E3.4 – вологі і мокрі евтрофні луки – понад 10 га;
- E5.4 – вологі високо травні луки та папоротеві узлісся – понад 1 га;
- G1.11 – прирічкові вербові ліси – понад 10 га;
- G1.21 – заплавні періодично мокрі ліси з домінуванням вільхи (*Alnus*) або ясеня (*Fraxinus*) – понад 50 га;
- G1.22 – заплавні ліси з домінуванням дуба (*Quercus*), в'яза (*Ulmus*) і ясеня (*Fraxinus*) – понад 10 га;
- G1.51 – сфагнові березові ліси – понад 5 га;
- G1.7 – термофільні листопадні ліси – понад 50 га;
- G1.8 – ацидофільні дубові ліси – понад 10 га;
- X04 – комплекси верхових боліт – понад 0,5 га;
- X35 – материкові піщані дюни – понад 10 га.

З рослинних угруповань, які занесені до «Зеленої книги України» (2009) значно і помірно пошкодженими у межах Заповідника є: сосново-ялівцеві ліси зеленомохові (*Pineta (sylvestris) juniperosa (communis)*) (понад 1 га), шейхцерієво-сфагнові болота (понад 1 га) (рис. 3.68)¹⁴⁶.

Також, у 2020 році відповідно до наказу ДАЗВ від 08.05.2020 № 101-20, працівниками Державного наукового центру захисту культурної спадщини від техногенних катастроф було проведено короткострокову експедицію з метою попереднього визначення збитків, завданих лісовими пожежами 2020 року об'єктам історико-культурної спадщини, розташованим на території зони відчуження.

Загалом, від моменту Чорнобильської катастрофи і насьогодні вогнем та іншими природними катаклізмами порушено та знищено багато нерухомих пам'яток традиційної культури Полісся. У 2020 році, наприклад, особливо цінні пам'ятки народної дерев'яної архітектури у селах Луб'янка та Іловниця знищені пожежами. Наразі, для території зони відчуження, яка містить ще понад 20 традиційних дерев'яних будівель кінця XVIII ст. – 1-ї пол. XX ст. зі значною культурно-історичною та етнографічною цінністю, імплементація

¹⁴⁶ Літопис природи. Т. 4. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник / Галущенко О. М., Мельничук Т. В., Вишневецький Д. О. та ін. Київ, 2021. 225 с.

систем запобігання пожеж має надважливе значення через періодичні ризики їх втрати.

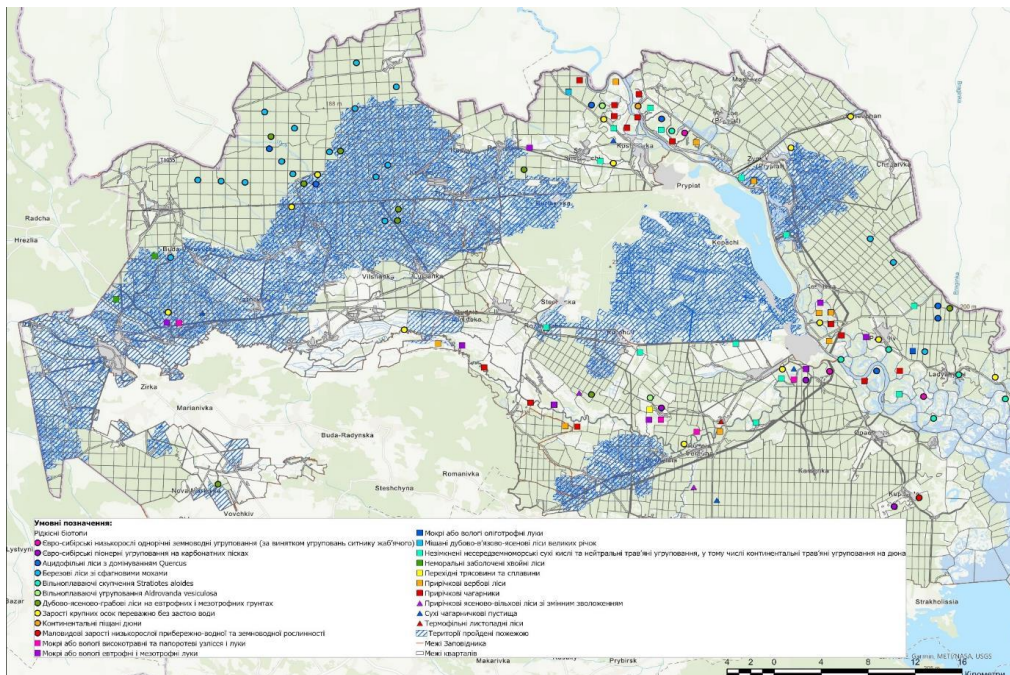


Рис. 3.68. Оселища, що охороняються Резолюцією №4 Бернської конвенції, які перебувають під загрозою знищення внаслідок лісових пожеж 2020 року, та потребують спеціальних заходів охорони (згідно ¹¹⁵)

Наразі, і геопортал заповідника як один із засобів відслідковування змін особливо цінних територій, і зазначена вище інтегрована система оцінки та управління ризиками екологічних катастроф та ліквідації наслідків лісових пожеж з використанням сучасних геоінформаційних систем та космічних технологій дистанційного зондування поверхні Землі являють собою цінні та ефективні механізми інформаційного забезпечення управління природоохоронними територіями.

РОЗДІЛ 4

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СФЕРІ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

4.1. Геопортальні технології як складова підтримки прийняття управлінських рішень

Інфраструктури просторових даних (SDI) – це інструмент інтеграції соціально-економічних даних з географічними з метою забезпечення національної безпеки та оборони держави відповідно до законодавства. Таку інтеграцію можна визначити як певну здатність, за допомогою якої різні програмні та технічні засоби, які використовують різні мови або алгоритми, можуть спілкуватися одна з одною. Сервісно-орієнтована архітектура (SOA) є найпоширенішою архітектурою програмного забезпечення, яка розроблена для реалізації інтероперабельності. Веб-сервіси були визнані найкращим і найпопулярнішим способом впровадження SOA. Проте упровадження SDI з технологіями веб-сервісів дотепер не досягнуто. Нині SDI реалізуються за допомогою порталів, які відповідають формі орієнтованої на «людину Web». У цьому розділі представлено технологію побудови геопорталу, і цю технологію проаналізовано з позицій SOA та інтероперабельності.

Вимоги сучасних високодинамічних і конкурентоспроможних моделей управління як соціально-економічних територій, так й окремих бізнес-одиниць, вимагають забезпечення отримання швидких, кваліфікованих та економічних послуг з отримання необхідної інформації. Ці вимоги можуть бути задоволені лише за рахунок інтеграції великої кількості даних з різних джерел, які для повноцінного їх використання потребують SDI. Протягом останніх кількох років потреба в SDI відчувалася не лише в області просторових даних, а й у багатьох сферах, таких як «електронний бізнес» або «електронний уряд». SDI є «інфраструктурами сумісності» для просторових даних. SDI можуть бути реалізовані на місцевому, регіональному, національному та міжнародному рівнях. На національному рівні вони відомі як національні SDI (NSDI) і є найпопулярнішими. NSDI забезпечує взаємодію між державними органами, приватним сектором, органами місцевого самоврядування та всіма іншими громадами, які використовують просторові дані.

Охарактеризовану вище сумісність можна визначити як здатність, за допомогою якої різні програми, які використовують різні мови програмування та алгоритми, можуть спілкуватися одна з одною. Різні системи та архітектури програмного забезпечення розроблено для уможливлення взаємодії між додатками, написаними різними мовами програмування, розташованими в різних місцях мережі та розміщеними на різних апаратних платформах. Сервісно-орієнтована архітектура (SOA), яка розроблена для реалізації інтероперабельності, є найпопулярнішою та найпоширенішою архітектурою програмного забезпечення. Веб-сервіси

визнано найкращим і найпопулярнішим способом упровадження SOA. Проте впровадження SDI з технологіями веб-сервісів досі не досягнуто через відсутність загальної структури, яка визначає технічну інфраструктуру сумісності SDI на основі SOA. Веб-сервіси все ще знаходяться в стадії розробки технологій, і з ними ще належить вирішити низку проблем. Тому сьогодні SDI впроваджуються за допомогою портальної технології, яка відповідає формі орієнтованій на «людину-Web».

Нині портальна технологія широко використовується для впровадження SDI місцевого, регіонального, національного та міжнародного рівня. Проте єдиної думки щодо визначення порталу немає. У літературі є багато різних визначень, які визначають портал як веб-сайт, додаток або інтерфейс. Наприклад, BEA визначає портал як «веб-сайт, що забезпечує єдину точку доступу до програм та інформації»¹⁴⁷. Розробники *Java* мови визначають геоportal як «веб-додаток, який зазвичай забезпечує персоналізацію, єдиний вхід, агрегацію вмісту з різних джерел і розміщує рівень презентації інформаційних систем»¹⁴⁸. У контенті порталу в геоспільноті використовуються два терміни – Геоportal та ГІС-portal. ESRI визначає геоportal як «єдину точку доступу до просторової інформації, незалежно від розташування, формату чи структури джерела даних»¹⁴⁹. OGC визначає геоportal як «людський інтерфейс до набору онлайн-ресурсів геопросторової інформації, включаючи набори даних та сервіси»¹⁵⁰.

Як і у визначенні порталу, існує неоднозначність щодо ролі геоportalу в SDI. В економічній літературі роль геоportalу розглядається, як сервіс каталогу даних, який є ключовим компонентом SOA. У багатьох роботах вказується, що головною особливістю всіх геоportalів SDI є служба каталогів і вказується, що основним напрямом роботи геоportalу є виявлення географічного вмісту. Розпізнавання сенсу порталу в такому ракурсі є неповним і вводить в оману через згортання сфери дії порталу, який був прийнятий як спосіб реалізації SOA і його головною метою є інтеграція додатків з різних ресурсів. Архітектура порталу, визначена Open Geospatial Consortium (OGC) і реалізована ESRI, також ефективна для цього розпізнавання.

У цьому дослідженні представлено технологію порталу, і цю технологію проаналізовано з точки зору SOA та сумісності. Крім того, визначено засоби, які надаються геоportalом для впровадження SDI. Надання швидких, кваліфікованих інформаційних послуг, вимога сучасних високодинамічних і конкурентоспроможних бізнес-моделей, можливо досягти лише завдяки співпраці залучених сторін, які насправді потребують

¹⁴⁷ BEA WebLogic Portal : Portal Development Guide. San Jose, CA : BEA Systems, 2006.

¹⁴⁸ Abdelnur A., Hepper S. Java Portlet Specification, Version 1.0, Status: FCS Specification. Santa Clara, CA : Sun Microsystems, 2003.

¹⁴⁹ GIS Portal Technology. ESRI White Paper. 2004. ESRI. URL: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gisportal.pdf>

¹⁵⁰ Geospatial Portal Reference Architecture: A Community Guide to Implementing Standards-Based Geospatial Portals. Version: 0.2, OGC 04-039 : OGC Discussion Paper. 2004. 17 p.

інфраструктури просторових даних (SDI). Взаємодію можна визначити як здатність, за допомогою якої різні програми, які використовують різні мови або поняття, можуть спілкуватися між собою. Різні системи та архітектури програмного забезпечення розроблено для забезпечення взаємодії між додатками, написаними різними мовами програмування, розташованими в різних місцях мережі та розміщеними на різних апаратних платформах.

SOA – це підхід до побудови розподілених систем, які надають функціональні можливості додатків як сервіси для додатків кінцевих користувачів або для створення інших сервісів¹⁵¹. Веб-сервіси були визнані найкращим і найпопулярнішим способом реалізації SOA¹⁵². У¹⁵³ веб-сервіс трактується як «програмну програму, ідентифіковану URI, чиї інтерфейси та зв'язування можуть бути визначені, описані та виявлені артефактами XML і підтримує пряму взаємодію з іншими програмними додатками за допомогою повідомлень на основі XML через «Інтернет на основі протоколів». Веб-сервіс можна визначити як додаток, який можна викликати в Інтернеті для виконання певного бізнес-завдання. Середовище веб-сервісів можна концептуалізувати як середовище, в якому постачальники послуг рекламують свої послуги через службу каталогу, а клієнти знаходять послуги в каталозі та викликають їх у постачальників (рис. 4.1).

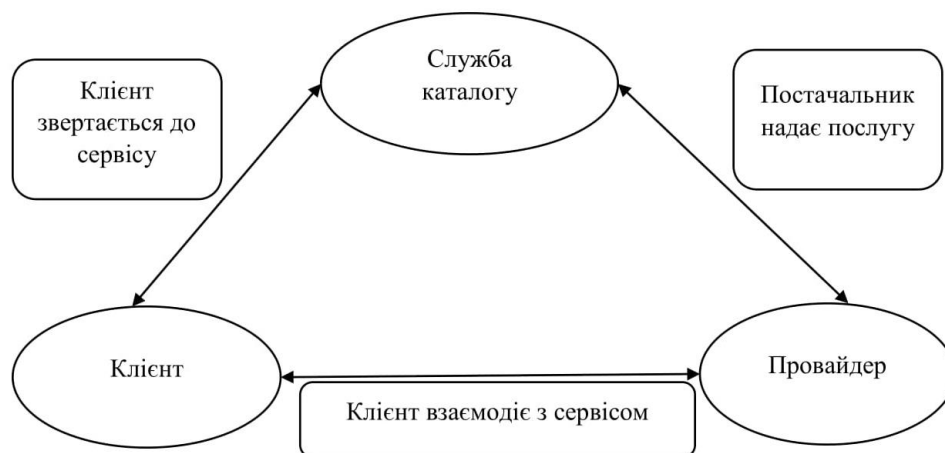


Рис. 4.1. Архітектура, орієнтована на обслуговування

Джерело: адаптовано¹⁵⁴.

¹⁵¹ Colan M. Service-Oriented Architecture expands the vision of Web services. Part 1: Characteristics of Service-Oriented Architecture. 2004. URL: <http://www-128.ibm.com/developerworks/Web services/library/ws-soaintro.html>

¹⁵² Java Web Services Architecture / McGovern J., Tyagi S., Stevens M., Mathew S. San Francisco, USA : Morgan Kaufmann, 2003.

¹⁵³ Web Services Description Requirements: W3C Working Draft / W3C. 2002. URL: <http://www.w3.org/TR/ws-desc-reqs/>

¹⁵⁴ Vinoski S. Web Services Interaction Models. Part 1: Current Practice. *IEEE Internet Computing*. 2002. Vol. 6, № 3. P. 89–91.

Композиція сервісу – це спосіб розробки додатків у SOA. Склад послуг можна визначити як процес об'єднання та зв'язування існуючих послуг (автономних або композитних) для створення нових робочих служб¹⁵⁵. Композиція сервісу надає користувачам можливість розробляти програми за допомогою веб-сервісів, наданих різними провайдерами. Веб-сервіс, який створюється після композиції служби, називається складеною службою. Існують різні веб-сервіси та їх сервери, які використовуються складеними веб-сервісами під назвою *İmarDurumuGetir*¹⁵⁶. Веб-сервіс *İmarDurumuGetir* використовує веб-сервіси, які надаються управлінням кадастру (УК) (СО), Управлінням з права власності на землю (УПВ) (ЛТО) та Офісом плану зонування (ОПЗ) (ЗРО) муніципалітету для створення форми плану зонування (ФПЗ) (ЗРФ) земельної ділянки. ФПЗ геометрично показує розташування земельної ділянки щодо плану зонування та включає умови будівництва блоку плану зонування, який охоплює ділянку. ФПЗ є одними з найпопулярніших документів через те, що вони є першим кроком багатьох видів діяльності. Наприклад, отримання ФПЗ – це перший крок у отриманні дозволу на будівництво. Щоб підготувати форму ФПЗ, веб-сервіс *İmarDurumuGetir* спочатку викликає веб-сервіс *parcelGeometriGetir* на сервері УК. Веб-сервіс *ParcelGeometriGetir* повертає координати вершини посилки. Після цього веб-сервіс *İmarDurumuGetir* викликає веб-сервіс *imarAdaGetir* для обробки блоків плану зонування. Потім він викликає веб-сервіс *vectorSuperimpose*. Веб-сервіс *VectorSuperimpose* приймає два масиви, які включають кадастрові ділянки та блок(и) плану зонування як вхідні параметри, створює файл GML та перетворює GML у SVG. Веб-служба *İmarDurumuGetir* відповідно викликає веб-сервіс *ipvGetir* і веб-службу *tapuPasoAlGetir* для отримання даних атрибутів ФПЗ. Нарешті, веб-сервіс *İmarDurumuGetir* готує ФПЗ, використовуючи всі повернуті дані, і надсилає його користувачам у форматі HTML.

На сьогоднішній день портал є найпопулярнішою і широко використовуваною технологією для впровадження ІСР місцевого, регіонального, національного та міжнародного рівня. Немає консенсусу щодо визначення portalу. У контенті portalу в геоспільноті використовуються два терміни: Геопortal та ГІС-portal. ESRI визначає portal ГІС як «єдину точку доступу до просторової інформації, незалежно від розташування, формату чи структури джерела даних»¹⁵⁷. OGC визначає геопortal як «людський інтерфейс до набору онлайн-ресурсів геопросторової інформації, включаючи набори даних та сервіси»¹⁵⁸. Магуайр і Лонглі визначають геопortal як

¹⁵⁵ Service Composition: State of the art and future challenges / Kapitsaki G., Kateros D. A., Foukarakis I. E. et al. *Mobile and Wireless Communications Summit : the 16th IST*. Budapest, Hungary, 2007. URL: <https://www.researchgate.net/publication/224720329>

¹⁵⁶ Cömert Ç., Akıncı H. Web Services: An E-Government Perspective. *2nd FIG Regional Conference and 10th Anniversary of ONIGHT* (2–5 December, 2003). Marrakech, Morocco, 2003.

¹⁵⁷ GIS Portal Technology. ESRI White Paper. 2004. ESRI. URL: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gisportal.pdf>

¹⁵⁸ Geospatial Portal Reference Architecture: A Community Guide to Implementing Standards-Based Geospatial Portals. Version: 0.2, OGC 04-039 : OGC Discussion Paper. 2004. 17 p.

«шлюз всесвітньої мережі, який організовує вміст і послуги, такі як каталоги, інструменти пошуку, інформація про спільноту, ресурси підтримки, дані та програми»¹⁵⁹. Тait визначає геопортал як «веб-сайт, який вважається точкою входу до географічного вмісту в Інтернеті, або, простіше кажучи, веб-сайту, де можна виявити географічний вміст»¹⁶⁰. Як видно з визначення, немає консенсусу щодо класифікації порталів.

Геопортали, пов'язані з SDI, часто називають порталами каталогів. Вони створюють і підтримують індекси або каталоги метаданих, які описують природу та розташування ресурсів у SDI. Власники ресурсів (або постачальники послуг) реєструють свої послуги на порталі та надають описи метаданих. Портал упорядковує записи метаданих від постачальників послуг в узгоджений каталог із можливістю пошуку та робить цей каталог доступним для користувачів. За допомогою каталогу користувачі можуть шукати послуги від будь-якого із зареєстрованих постачальників послуг¹⁶¹. Сьогодні реалізація portalу, розроблена для встановлення SDI, є порталом каталогу взагалі. Наприклад, портал GOS є одним із провідних прикладів порталів каталогів. На додаток до загальних інструментів пошуку на порталі каталогів, портали додатків надають більш структуровані інтерфейси, які включають певні інструменти та програми, що відповідають інтересам користувача. Портили додатків надають інструменти веб-картографування, які дозволяють користувачам переглядати знайдені дані та працювати з ними (наприклад, інструменти геообробки, такі як: пошук маршруту, геокодування, друк, складні запити і, можливо, навіть функції червоної лінії та редагування/оновлення).

У літературі геопорталів роль геопорталу в SDI знижується до ролі служби каталогів, яка є ключовим компонентом SOA. Іншими словами, геопортал розуміється як служба каталогів. Наприклад, Магуайр і Лонглі вказали, що визначною особливістю всіх геопорталів SDI є служба каталогу для публікації та доступу до метаданих, і визначили геопортал технічно як «головний веб-сайт, підключений до веб-сервера, який містить базу даних метаданих про географічні дані та послуги»¹⁶². З іншого боку, Тait зазначив, що основна увага геопорталу – відкриття географічного змісту¹⁶³. Розпізнавання сенсу portalу в такому контексті є неповним і вводить в оману через згортання сфери дії portalу, який був прийнятий як спосіб реалізації SOA і його головною метою є інтеграція додатків з різних ресурсів. Архітектура portalу, визначена консорціумом Open Geospatial (OGC) і

¹⁵⁹ Maguire D. J., Longley P. A. The Emergence of Geoportals and Their Role in Spatial Data Infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2005. Vol. 29. P. 3–14.

¹⁶⁰ Tait M. G. Implementing Geoportals: Applications of Distributed GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2005. Vol. 29. P. 33–47.

¹⁶¹ Tang W., Selwood J. Spatial Portals: Adding Value to Spatial Data Infrastructures. *ISPRS Workshop on Service and Application of Spatial Data Infrastructure*. Vol. 36. Hangzhou, China, 2005.

¹⁶² Maguire D. J., Longley P. A. The Emergence of Geoportals and Their Role in Spatial Data Infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2005. Vol. 29. P. 3–14.

¹⁶³ Tait M. G. Implementing Geoportals: Applications of Distributed GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2005. Vol. 29. P. 33–47.

реалізована ESRI, також ефективна для цього розпізнавання. Довідкова і реалізаційна архітектура геопорталу буде пояснена нижче.

OGC розпочала визначення архітектурної основи геопорталу у 2002 р.¹⁶⁴. Після ініціалізації ініціативи порталу GOS, який є одним із компонентів проекту електронного уряду США, OGC опублікувала документ «Архітектура впровадження порталу GOS»¹⁶⁵. Загальна мета еталонної архітектури полягає в тому, щоб зробити її простішою, швидшою та менш затратною для будь-якої організації, яка бажає реалізувати геопросторовий портальний додаток на основі стандартів. Основною метою еталонної архітектури є визначення вимог до архітектурного каркаса, який можна використовувати як керівництво до впровадження операційного порталу, що забезпечує доступ до геопросторового вмісту, карт і метаданих. Довідкова архітектура визначає область застосування, цілі та поведінку порталу та визначає його функціональні компоненти. Еталонна архітектура геопросторового порталу показана на рис. 4.2. Довідкова архітектура містить п'ять різних класів послуг, які підтримують вимоги геопросторового порталу.

Послуги порталу: Надають одноточковий доступ до геопросторової інформації на порталі. Крім того, ці послуги забезпечують управління та адміністрування порталу.

Каталогічні послуги: Використовуються для визначення місцезнаходження геопросторових послуг та інформації, де б вони не знаходилися, і надання інформації про послуги та інформацію, якщо знаходять користувачеві.

Послуги зображення: використовуються для обробки геопросторової інформації та підготовки її до презентації.

Служби даних: використовуються для надання геопросторового вмісту та обробки даних.

Geospatial One-Stop була однією з 24 ініціатив Управління США з управління та бюджету електронного уряду, спрямованих на підвищення ефективності, ефективності та обслуговування клієнтів по всій країні. Геопросторова система «One-Stop» спрощувала, пришвидшувала та здешевлювала для всіх рівнів влади та громадськості доступ до геопросторової інформації, надаючи інструменти для кращих державних послуг.

«One-Stop» – міжурядовий проєкт, яким керувало і продовжує керувати Міністерство внутрішніх справ на підтримку ініціативи Президента щодо електронного урядування, є шлюзом до мережі інформаційного центру уряду.

¹⁶⁴ Geospatial One-Stop Portal Initiative, Call for Quotation and Call for Participation. Annex B: Candidate Portal Architecture. 2002. OGC. URL: <https://www.ogc.org/>

¹⁶⁵ GOS-Portal Implementation Architecture. Version: 0.1, OGC 03-xxx : OpenGIS Interoperability Program Report. 2003. OGC. URL: https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=24315

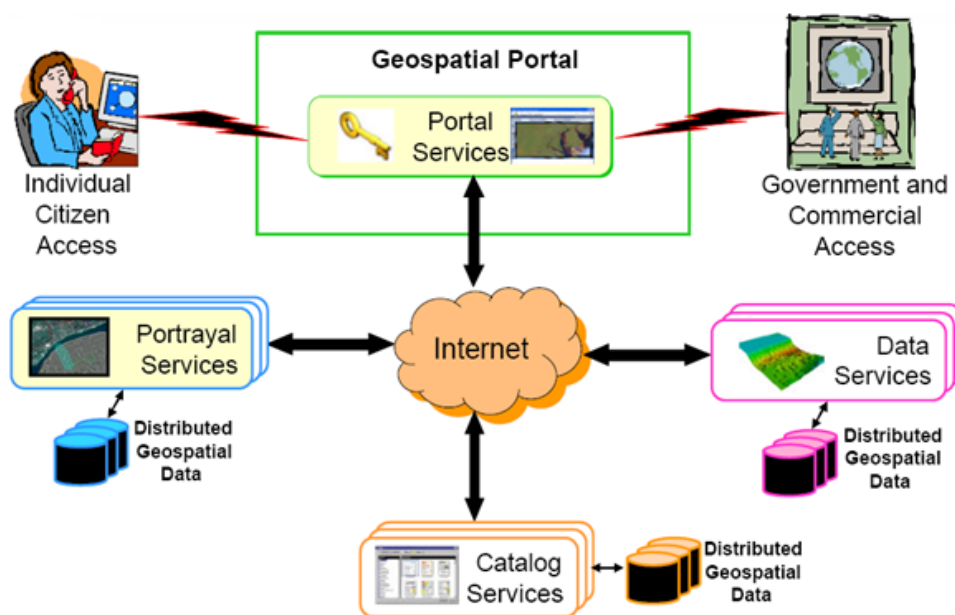


Рис. 4.2. Еталонна архітектура геопросторового порталу

Джерело: адаптовано ¹⁶⁶.

Проект працював у партнерстві з Федеральним комітетом географічних даних (FGDC), щоб заохочувати співпрацю та використовувати державні геопросторові ресурси та передовий досвід. Одним з головних завдань Geospatial One-Stop було створення веб-порталу для єдиного доступу до карт, даних та інших геопросторових даних і послуг¹⁶⁷.

The Open Geospatial Consortium (OGC) розробив технічні специфікації для геопорталу у 2003 р. Робота прототипу порталу була передана ESRI того ж року, а перший оперативний портал GOS використовується на www.geodata.gov з червня 2003 р. Початкова GOS виконувала роль центру обміну даними, надаючи державним установам місце для розміщення метаданих, які описують їхні ресурси даних та послуги картографування. Конкурс на п'ятирічний контракт на вдосконалення GOS розпочався восени 2004 р. На початку лютого 2005 р. ESRI виграла п'ятирічний контракт на 2,38 млн дол. на наступний етап розвитку порталу.

Серед пунктів, які є найвищими у списку в запиті пропозицій для наступного етапу розробки, було підвищення сумісності та відкритості, підвищено простоту використання, покращено продуктивність та масштабованість із швидшим пошуком, а також розширено функціональність. На другому етапі розвитку GOS перетворилася з центру обміну метаданими в інтерактивний портал. Реалізація порталу другого покоління побудована за

¹⁶⁶ GOS-Portal Implementation Architecture. Version: 0.1, OGC 03-xxx : OpenGIS Interoperability Program Report. 2003. OGC. URL: https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=24315

¹⁶⁷ Geospatial One-Stop: Encouraging partnerships to enhance access to geospatial information. 2005. FGDC. URL: <http://www.fgdc.gov/library/factsheets/documents/gos.pdf>

технологіями ArcIMS і ArcSDE і має центральне сховище метаданих (рис. 4.3).

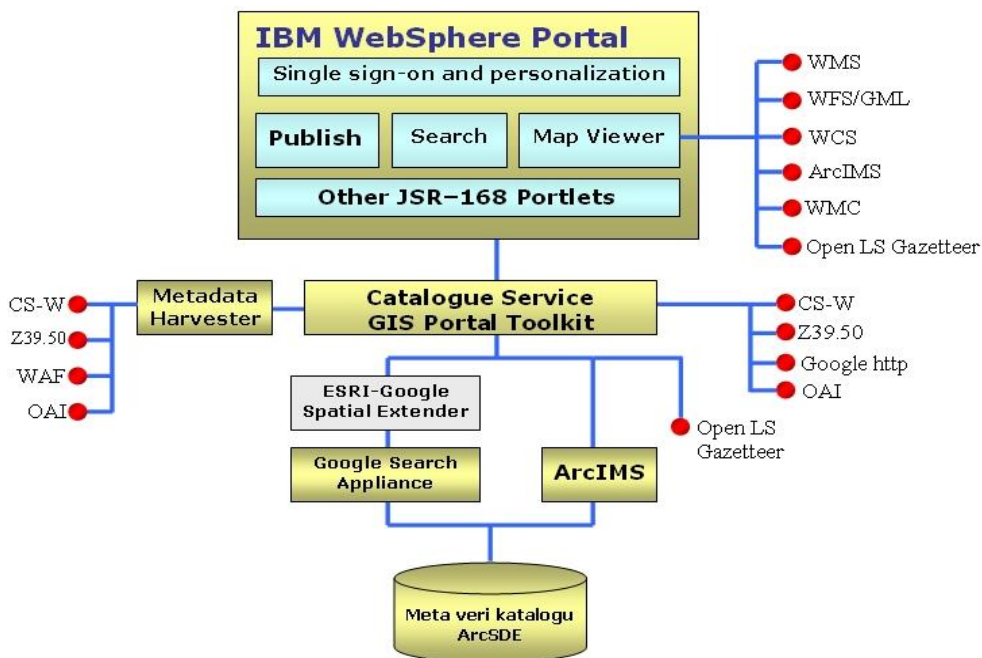


Рис. 4.3. GOS Portal Architecture

Джерело: адаптовано¹⁶⁸.

ArcIMS є найважливішим компонентом архітектури порталу і надає такі послуги, як керування метаданими, відображення, геокодування та завантаження даних. ArcSDE використовується для метаданих, які публікуються постачальниками та зберігаються у реляційній базі даних.

Сумісність веб-сервісів досягається за допомогою специфікацій OGC, включаючи службу веб-функцій, службу веб-покриття, службу веб-карт, документ контексту веб-карт і служби каталогу для Інтернету. Портал GOS дозволяє завантажувати файли та полегшує завантаження за допомогою включення продукту SpatialDirect від SAFE Software. Ця частина дозволяє користувачам збільшити область інтересу, зберегти файл в одному з 20 форматів файлів і перетворити дані в певні системи координат. Google Search Appliance надає користувачам можливість робити запити на основі вмісту. Функціональність Google Search Appliance розширена програмним забезпеченням ESRI-Google Spatial Extender. Розширений пошуковий пристрій використовує службу бюлетенів, щоб увімкнути просторовий пошук

¹⁶⁸ Ball M. GeoSpatial One-Stop Moves to Phase Two: Weaving a Tapestry of National Geospatial Data Coverage. 2005. *Geoplace*. URL: <http://www.geoplace.com/uploads/FeatureArticle/0505sdi.asp>

за назвою місця¹⁶⁹. Вказано, що пошуковий пристрій Google здійснює пошук у каталозі в 10 разів швидше. Додаткову інформацію про інформаційну модель, модель запитів, підтримку інтерфейсу та підтримку федерації порталу GOS можна знайти в Akinci¹⁷⁰.

Геопортал – це веб-технологія, яка відповідає кваліфікації «веб, орієнтований на людину»¹⁷¹. Користувач, який хоче розробити програму в SDI на базі порталу, повинен знайти необхідні просторові дані за допомогою пошуку в каталозі порталу, передати ці дані через веб-сервіс і впровадити додаток у свою систему. Але пошук необхідних для програми просторових даних за допомогою пошуку в каталозі порталу є дуже клопітким і важким процесом. У разі знаходження більш ніж одного набору даних від різних постачальників, користувач повинен прийняти рішення, який набір даних буде використовуватися в додатку, перевіrivши документи метаданих наборів даних.

Відтак, SDI – це інфраструктури сумісності. Сумісність можна визначити як здатність, за допомогою якої різні програми, які використовують різні мови або концепції, можуть спілкуватися одна з одною. Новітня архітектура програмного забезпечення, розроблена для реалізації інтероперабельності, – це сервісно-орієнтована архітектура (SOA). Веб-сервіси були визнані найкращим і найпопулярнішим способом впровадження SOA. Однак впровадження SDI з технологіями веб-сервісів досі не досягнуто через відсутність загальної структури, яка визначає технічну інфраструктуру сумісності SDI на основі SOA. Веб-сервіси все ще розвивають технології і існують різні проблеми, які необхідно вирішити. Тому сьогодні SDI реалізовано за допомогою портальної технології, яка відповідає формі «орієнтованої на людину Web». Знаходження просторових даних і сервісів, а також розробка нових додатків є дуже важкими і клопіткими в SDI, який реалізовано за допомогою портальної технології. Таким чином, геопортал є доцільною технологією для обслуговування конкретних попередньо визначених додатків для користувачів.

4.2. Аналіз геопросторових даних на рівні територіальної громади

Сучасні світові тенденції та досвід економічно розвинених країн в напрямі розвитку геопросторових даних стали базисом для розвитку мультидисциплінарних зв'язків та напрямів наукової і практичної діяльності в менеджменті, праві, економіці, інформатиці, технічних науках, соціології та

¹⁶⁹ Schutzberg A., Francica J. The Technology Behind the New Geodata.gov and the Non-Technology Challenges Ahead. *Directions Magazine*. 2005. URL: https://www.directionsmag.com/article.php?article_id=784

¹⁷⁰ Akinci H. Konumsal Veri Altyapılarının Web Servisleri ile Gerçekleştirilmesi: Mevcut Durum Analizi ve Gelecek Yönelimlerinin Belirlenmesi : doktora tezi. Trabzon : KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.

¹⁷¹ Cerami E. Web Services Essentials. USA : O'Reilly & Associates, 2002.

інших сферах суспільного життя і виробництва. Наукові публікації щодо розвитку геопросторових даних можна розділити на основні напрями: на основі комплексного геопросторового забезпечення формується програмно-технічна інфраструктура нового типу¹⁷²; еволюція використання геопросторових даних в розвинених країнах¹⁷³; досліджується вплив інноваційних технологій на архітектуру та результативність геопорталів геопросторових даних¹⁷⁴; розглядаються сфери застосування геопросторових даних на національному і регіональному рівнях країни¹⁷⁵; розглядаються результати масштабного проєкту інфраструктури геопросторових даних в країнах Європейського Союзу¹⁷⁶; визначається система індикаторів та методів оцінювання ефективності і моніторингу реалізації проєктів геопросторового забезпечення місцевих органів управління; формування методичних основ щодо глобального управління геопросторовою інформацією для вирішення завдань сталого розвитку¹⁷⁷.

Представлений перелік сучасних досягнень у сфері розвитку геоінформаційного забезпечення органів управління територіями на різних рівнях є неповним, але дає можливість сформулювати бачення сучасних тенденцій розвитку геопросторового забезпечення соціально-економічних процесів. Імплементация геопросторових даних може розглядатися не тільки як одна із теоретичних концепцій, а передусім, як:

1) парадигма сучасного геопросторового забезпечення управління територіями – науково-обґрунтований набір методів, підходів, технологічних прийомів дослідження соціально-економічних систем.

2) імплементований у більшості країн світу методологічний підхід до організації геопросторового забезпечення сучасного цифрового суспільства геоінформаційними ресурсами та послугами;

3) формування єдиної сукупності стандартів, що регламентують процес збору, виробництва та імплементції геопросторових даних для суспільних потреб;

4) сукупність прийомів та методів щодо імплементції геоінформаційних даних в суспільно необхідні рішення та сервіси;

5) сукупність геопорталів на різних рівнях державної та місцевої влади.

¹⁷² Global Spatial Data Infrastructure: The SDI Cookbook. Ver. 2.0. 2004. GSDI Association. URL: http://gsdiassociation.org/images/publications/cookbooks/SDI_Cookbook_GSDI_2004_ver2.pdf

¹⁷³ The role of sub-national government and the private sector in future Spatial Data Infrastructures / Rajabifard A., Binns A., Masser I., Williamson I. P. *International Journal of Geographical Information Science*. 2006. Vol. 20, № 7. P. 727–741.

¹⁷⁴ Geospatial Information Infrastructures / Schade S., Granell C., Vancauwenberghe G. et al. *Manual of Digital Earth*. Singapore : Springer, 2020. P. 161–190. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-32-9915-3_5

¹⁷⁵ Goodchild M. F., Fu P., Rich P. Sharing geographic information: an assessment of the geospatial one-stop. *Annals of the Association of American geographers*. 2007. Vol. 97, № 2. P. 250–266. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2007.00534.x>

¹⁷⁶ Governance of national spatial data infrastructures in Europe / Crompvoets J., Vancauwenberghe G., Ho S. et al. *IJSDIR*. 2018. Vol. 13. P. 253–285. URL: <https://doi.org/10.2902/1725-0463.2018.13.art16>

¹⁷⁷ Loenen B. Van, Besemer J. W. J., Zevenbergen J. A. Spatial Data Infrastructure Convergence. *Research, Emerging Trends, and Critical Assessment*. Delft, Netherlands : Netherlands Geodetic Commission, 2009. URL: http://gsdiassociation.org/images/publications/SDI_Convergence2009.pdf

Таким чином, імплементація геопросторових даних – це не просто процес, а динамічна, ієрархічна, мультидисциплінарна концепція, яка знаходиться на стадії розвитку та вдосконалення як під впливом науково-технічного розвитку, так і за рахунок акумулювання обсягу геопросторових даних на основі зростаючих потреб суспільства в них.

В еволюції ІГД розвинених країн визначено три покоління ІГД¹⁷⁸. ІГД першого покоління (1990-1998 рр.) були зорієнтовані на дані та зосереджувалися переважно на технологічних питаннях гармонізації даних, стандартизації метаданих і веб-сервісів для виявлення, візуалізації та завантаження даних, що продукуються в державному секторі. Ініціативи щодо створення ІГД та координація взаємодії виробників даних в основному були зосереджені в центральних органах влади, зокрема національних службах з геодезії і картографії.

Друге покоління ІГД (2000-2006 рр.) зосереджується на процесах підтримання даних в актуальному стані та їх використанні в різних сферах як на загальнодержавному, так і на субнаціональних рівнях. Реалізація програм зі створення інтероперабельних геопросторових даних в різних галузях, а також на регіональному і місцевому рівнях. Ініціативи окремих секторів економіки, органів місцевого самоврядування, партнерських груп націлені на багаторазове використання геопросторових даних для вирішення різноманітних прикладних задач на різних рівнях.

Третє покоління ІГД зорієнтовано на користувача (з 2007 р. до теперішнього часу) та розвивається як платформа геоінформаційно забезпеченого суспільства на основі технології GeoWeb 2.0, що дозволяє користувачам взаємодіяти та співпрацювати один з одним як творців створеного користувачами вмісту у віртуальному середовищі інфраструктури. Включають урядові та приватні ініціативи (наприклад, Google Maps) та краудсорсингові джерела даних. Офіційні урядові, регіональні та місцеві геопортали доповнюються функціями зворотнього зв'язку з користувачами для актуалізації даних та надання послуг е-урядування з використанням геопросторових даних.

Важливим аспектом сучасних ІГД є створення та поширення відкритих даних, що доступні для прямого завантаження через корпоративні геопортали (наприклад, Open Street Map, ESRI тощо). Спостерігається тенденція надання геопросторовим даним, згенерованим в державному секторі, статусу відкритих урядових даних для вільного завантаження з офіційних урядових веб-порталів. Остання тенденція зафіксована в національних стратегіях розвитку геопросторової інформації як вимога щодо якості геопросторових даних для систем прийняття рішень за принципом AAA: Accurate,

¹⁷⁸ The role of sub-national government and the private sector in future Spatial Data Infrastructures / Rajabifard A., Binns A., Masser I., Williamson I. P. *International Journal of Geographical Information Science*. 2006. Vol. 20, № 7. P. 727–741.

Authoritative, Assured – точні, офіційні та гарантовані. Найціннішим джерелом досвіду, безсумнівно, є реалізація ІГД країн ЄС – INSPIRE¹⁷⁹.

Окрім ключової ідеї вдосконалення обміну даними, в INSPIRE вирішено надскладне завдання досягнення інтероперабельності створюваних геоінформаційних ресурсів шляхом розроблення детальних специфікацій для 34 тем геопросторових даних, метаданих і геосервісів. Серія стандартів ISO 19100 та консорціуму OGC стали основою для цих величезних зусиль. Створено великий обсяг стандартизованих наборів геопросторових даних і метаданих для обслуговування транскордонних програм охорони моніторингу довкілля та інших секторів. Водночас, виявилася проблема топологічної узгодженості наборів даних різних тем.

На міжнародному рівні зріс інтерес до ІГД як ключового засобу підтримки сталого розвитку. Економічна та соціальна рада ООН (ECOSOC) у липні 2011 р. створила Комітет експертів ООН з управління глобальною геопросторовою інформацією (UN-GGIM). Цим комітетом за останні роки напрацьовано низку методичних матеріалів та рекомендацій щодо посилення інституційних механізмів управління геопросторовою інформацією, настанов і стандартів для забезпечення інтероперабельності геопросторових даних. Особливу увагу у своїй діяльності Комітет ООН приділяє розвитку національної ІГД у країнах, що розвиваються та у країнах з перехідною економікою для подолання «геопросторового розриву» в рівні використання географічної інформації в цих країнах порівняно з країнами з розвиненими економіками в контексті цілей сталого розвитку¹⁸⁰.

Відповідно до Порядку функціонування національної ІГД визначено перелік наборів геопросторових даних та метаданих, за які відповідають, зокрема, органи місцевого самоврядування¹⁸¹. Ключовими з них є:

1) *адреси* – опис місцезнаходження нерухомого майна та інших об'єктів адресації відповідно до поштового індексу, найменування елементів планувальної структури населених пунктів, елементів вулично-дорожньої мережі, а також цифрового та/або літерно-цифрового позначення об'єкта адресації, що дає можливість його ідентифікувати;

2) *транспортні мережі* – транспорт загального користування (залізничний, морський, річковий, автомобільний і авіаційний, а також міський електротранспорт, у т. ч. метрополітен), промисловий залізничний транспорт, відомчий транспорт, трубопровідний транспорт, шляхи сполучення загального користування, а також пов'язана з ними інфраструктура, вузли взаємодії різних видів транспорту;

¹⁷⁹ Governance of national spatial data infrastructures in Europe / Cromptvoets J., Vancauwenberghe G., Ho S. et al. *IJSDIR*. 2018. Vol. 13. P. 253–285. URL: <https://doi.org/10.2902/1725-0463.2018.13.art16>

¹⁸⁰ Integrated Geospatial Information Framework (IGIF). A Strategic Guide to Develop and Strengthen National Geospatial Information Management. Part 1: Overarching Strategic Framework / UN-GGIM. N.Y., USA, 2018. 25 p. URL: <http://ggim.un.org/IGIF/part1.cshhtml>

¹⁸¹ Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних : постанова Кабінету Міністрів України від 26 трав. 2021 р. № 532. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text>

3) *гідрографія* – водні об'єкти (внутрішні морські води та територіальне море, річки, струмки, озера, водосховища, ставки, канали, водоносні горизонти), болота, басейни водозбірні, гідрографічне та водогосподарське районування, водогосподарські системи, акваторії морських портів (портова акваторія), гідротехнічні споруди морських портів;

4) *рельєф* – цифрові моделі рельєфу, що включають позначки висот земної поверхні, батиметричну поверхню, берегові лінії водойм;

5) *земний покрив* – земельні угіддя (сільськогосподарські угіддя; землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом; ліси та інші лісовкриті землі; води; землі під житловою забудовою; землі під громадською забудовою; землі, що використовуються для транспорту; землі, що використовуються для технічної інфраструктури; землі під промисловою забудовою; землі, зайняті поточним будівництвом та відведені під будівництво; землі під сільськогосподарськими та іншими господарськими будівлями і дворами; землі, що використовуються для відпочинку та оздоровлення; землі під об'єктами та спорудами спеціального призначення);

6) *ортофотоплани* – фотографічні плани місцевості на точній геодезичній основі, отримані шляхом аерофотозйомки або космічної зйомки з подальшим перетворенням знімків з центральної проекції в ортогональну за допомогою методу ортотрансформування;

7) *будівлі і споруди* – будівлі (житлові та нежитлові), споруди (транспортні споруди, трубопроводи, комунікації, лінії електропередачі та зв'язку, комплексні промислові споруди, інші інженерні споруди);

8) *адміністративно-територіальний устрій* – Автономна Республіка Крим, області, міста, райони в містах, селища, села, об'єднані територіальні громади, територіальне море;

9) *органи державної влади та органи місцевого самоврядування, служби, заклади, підприємства, установи та організації* – місцезнаходження органів державної влади та органів місцевого самоврядування, служб, закладів, підприємств, установ та організацій, відповідальних за об'єкти інженерної інфраструктури та житлово-комунального господарства (водовідведення і каналізації, управління відходами, енерго- і водопостачання), центрів надання адміністративних послуг, закладів освіти, закладів охорони здоров'я, закладів соціального обслуговування;

10) *виробничі, промислові та логістичні об'єкти* – промислові та виробничі об'єкти, у тому числі водозабірні споруди, споруди гірничодобувної промисловості, складські об'єкти;

11) *споруди сільського господарства та аквакультури* – сільськогосподарські споруди, у тому числі меліоративні системи, теплиці, оранжереї, господарські двори та споруди;

12) *розподіл населення, демографія* – постійне населення України за статтю та віком, чисельність наявного населення, природний рух населення, народжуваність, смертність, середня очікувана тривалість життя, соціальні індикатори рівня життя населення;

13) *територіальні зони, зони регулювання, обмеження у використанні земель та облікові одиниці* – частини території України, щодо яких здійснюється особливе регулювання та/або звітування на міжнародному, загальноєвропейському, національному, регіональному та місцевому рівні; об'єкти поводження з відходами; обмеження у використанні земель (охоронні зони, зони санітарної охорони, санітарно-захисні зони, зони особливого використання земель, водоохоронні зони, прибережні захисні смуги, пляжні зони, смуги відведення, зони особливого режиму забудови, зони радіоактивного забруднення, зони надзвичайних екологічних ситуацій, спеціальні сировинні зони для виробництва сільськогосподарської продукції);

14) *зони природного ризику* – зони надзвичайної екологічної ситуації, деградовані землі (земельні ділянки, поверхня яких порушена внаслідок землетрусу, зсувів, карстоутворення, повеней, добування корисних копалин).

Набори геопросторових даних, перераховані вище у пунктах: 1-5, 7, 8, 10, 11 створюються, як правило, та оновлюються у складі цифрових топографічних планів масштабів 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000.

Набір «Територіальні зони, зони регулювання, обмеження у використанні земель та облікові одиниці» створюються, як правило, та оновлюються у складі містобудівної та землевпорядної документації.

Органи місцевого самоврядування можуть:

1) створювати та оновлювати тематичні геопросторові дані та метадані самостійно;

2) одержувати геопросторові дані та метадані від інших осіб у передбачений законодавством спосіб;

3) замовляти виробництво та оновлення тематичних геопросторових даних і метаданих в інших фізичних та юридичних осіб згідно із законодавством про публічні закупівлі.

Набори тематичних геопросторових даних, що формуються органами місцевого самоврядування відповідно до покладених на них повноважень та забезпечуються відповідними метаданими, вносяться в каталог метаданих національного геопорталу з використанням електронного кабінету національного геопорталу. Держателі даних забезпечують створення метаданих для наборів геопросторових даних і геоінформаційних сервісів, а також постійне оновлення метаданих, їх реєстрацію та відображення на національному геопорталі.

Відповідно до п. 33 Порядку функціонування національної ІГД органи місцевого самоврядування забезпечують:

«– розроблення специфікацій тематичних геопросторових даних для наборів геопросторових даних;

– розміщення специфікацій тематичних геопросторових даних у базі даних реєстру специфікацій геопросторових даних національної інфраструктури геопросторових даних з використанням електронного кабінету національного геопорталу;

- створення, використання, оновлення, оприлюднення та виконання інших дій з тематичними геопросторовими даними для відповідної галузі, сфери чи території;

- створення і оновлення метаданих для наборів тематичних геопросторових даних та їх обов'язкову реєстрацію з використанням електронного кабінету національного геоportалу;

- обов'язковість використання наборів базових геопросторових даних під час виробництва та оновлення тематичних геопросторових даних і забезпечення ідентифікаційної та координатно-топологічної сумісності тематичних даних з базовими;

- актуальність, достовірність, обґрунтованість, повнота, точність, відкритість, інтероперабельність тематичних геопросторових даних та метаданих;

- зберігання та захист тематичних геопросторових даних та метаданих у геоінформаційних системах та базах даних, що створюються для виконання повноважень держателів даних;

- доступ користувачів до тематичних геопросторових даних та метаданих на своїх офіційних веб-сайтах та/або геоportалах;

- інформаційну взаємодію з іншими держателями даних та з адміністратором національного геоportалу, в тому числі з використанням геоінформаційних сервісів геоportалів».

Органи місцевого самоврядування, які постійно збирають тематичні геопросторові дані у передбачений законодавством спосіб, розміщують метадані на національному геоportалі одноразово та оновлюють метадані один раз на рік та у разі зміни вимог у специфікаціях до геопросторових даних, які збираються.

Для розроблення геоінформаційних систем для управління та обліку ресурсами територіальних громад необхідно враховувати такі рекомендаційні вимоги:

- 1) використовувати базові геопросторові дані при створенні тематичних геопросторових даних;

- 2) забезпечити інтероперабельність та сумісність даних;

- 3) забезпечити роботу з геопросторовими даними у діючих системах координат та висот, Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 та Балтійській системі висот 1977 року (станом на 31.08.2021);

- 4) забезпечити регламентований доступ суб'єктам, що беруть участь у створенні і зміні геопросторових даних, до базових геопросторових даних;

- 5) сповіщати адміністратора базових геопросторових даних про необхідність зміни координатних даних об'єктів, що належать до базових геопросторових даних, за актуалізованими даними про відповідні об'єкти;

- 6) створювати першочергово координатні дані тих об'єктів, які вимагають більш високої точності з міркувань економічної доцільності та спеціальних нормативних вимог, встановлених для відповідних об'єктів;

7) кожен користувач повинен мати відповідну категорію щодо права внесення і зміни координатних даних певних категорій об'єктів при багатокористувацькому доступі, що надає право зміни геопросторових даних;

8) забезпечити підтримку форматів обміну геопросторовими даними для забезпечення сумісності даних.

Для забезпечення сумісності геопросторових даних в геоінформаційних системах вони повинні бути представлені в Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 та Балтійській системі висот 1977 року.

За відсутності можливості подання геопросторових даних безпосередньо в УСК-2000 припустимі такі варіанти їх подання:

- в іншій системі геодезичних координат (попередніх єдиних державних системах геодезичних координат: СК-42, місцевих системах координат) з обов'язковим описом способу переходу від цієї системи координат до УСК-2000;

- в картографічній проекції, пов'язаної з УСК-2000 через формули проекції або з попередніми єдиними державними системами координат СК-42, або місцевою чи іншою системою координат, з обов'язковим додатком відповідних формул проекції, що пов'язують її з УСК-2000 чи іншою зазначеною системою координат (з обов'язковим описом в останньому випадку способу переходу від цієї системи координат до УСК-2000);

- в іншій прямокутній системі координат із обов'язковим описом способу переходу від цієї системи координат до УСК-2000.

При застосуванні систем координат для подання геопросторових даних в НІГД слід враховувати положення національного стандарту ДСТУ ISO 19111:2017.

При плануванні робіт, що входять до складу безпосереднього забезпечення інвестиційної діяльності та для здійснення яких потрібне уточнення існуючих і формування нових координатних даних об'єктів або відповідних картографічних документів, за якими можна сформувати такі координатні дані, до складу робіт включаються заходи, що забезпечують підвищення сумісності координатних даних національної ІГД.

Формат обміну геопросторовими даними для забезпечення сумісності повинен відповідати таким вимогам:

- 1) мати доступну для публічного використання документацію з описом формату даних;

- 2) опис повинен бути достатнім для того, щоб можна було застосовувати існуючі конвертори або розробити нові конвертори даних у відкриті обмінні формати;

- 3) формат має відповідати даним, що постачаються в цьому форматі, та забезпечувати в повному обсязі відображення структури даних та системи класифікації класів об'єктів, атрибутів об'єктів і доменів їх значень, визначених в специфікації геопросторових даних, включно з іменами класів

об'єктів, іменами атрибутів об'єктів та типів даних для значень їх атрибутів, що формально описані в каталозі класів об'єктів;

4) у разі подання даних у форматі, документація для якого відсутня у публічному доступі, до таких даних повинні додаватися конвертори, що забезпечують конвертування даних у відкриті обмінні формати.

Базовими форматами обміну векторними даними в національній ІГД визначаються такі відкриті та нейтральні до ГІС-платформ формати:

- формати, засновані на використанні мови географічної розмітки GML відповідно до національного стандарту ДСТУ ISO 19136:2017;

- формати, засновані на використанні GeoJSON та TopoJSON, що розширюють загальновідому об'єктну нотацію JSON (JavaScript Object Notation) для подання просторових властивостей об'єктів та їх атрибутів.

Ці формати забезпечують найповніше відображення об'єктної структури наборів геопросторових даних і топологічних відношень між об'єктами, визначеними в прикладних схемах даних та каталогах класів об'єктів у складі специфікацій на геопросторові дані. Розроблена ГІС повинна супроводжуватись такою документацією:

- по-перше, докладною специфікацією, що розробляється відповідно до вимог Порядку функціонування національної ІГД та національного стандарту ДСТУ ISO 19131:2019;

- по-друге, поданням каталогу класів об'єктів, атрибутів об'єктів з доменами їх значень у XML форматі електронного документа відповідно до вимог національних стандартів ДСТУ 8774:2018 та ДСТУ ISO 19110:2017;

- по-третє, метаданими відповідно до Закону України «Про НІГД» та Порядку функціонування національної ІГД.

До усіх зазначених документів держателі даних забезпечують відкритий доступ в мережі Інтернет як одну із важливих складових в реалізації інтероперабельності геопросторових даних національної ІГД.

Рекомендовано, щоб геопортал відповідав трирівневій логічній структурі:

- сервер бази даних для зберігання геопросторових даних, документації та інших даних;

- програмні сервіси для створення і ведення бази даних реєстрів, обробки геопросторових даних і формування електронних карт;

- програмне забезпечення клієнтських автоматизованих робочих місць для використання даних відповідно поставленим завданням.

Сервер бази даних повинен містити:

- базу геопросторових даних (Geodatabase) з традиційними реєстрами (межі адміністративно-територіального устрою, кордони зареєстрованих в державному кадастрі земельних ділянок) тощо;

- метадані електронного каталогу класів об'єктів бази геопросторових даних;

- реєстр користувачів системи і регламенту їх доступу до програм і інформаційних ресурсів платформи даних.

Рекомендовані вимоги та функціональні можливості геоportалу для оприлюднення геопросторових даних та метаданих органів місцевого самоврядування:

- програмне забезпечення має базуватися на загальних стандартах веб-технології та міжнародних стандартах в сфері географічної інформації, в тому числі, стандартів на геоінформаційні сервіси роботи з електронними картами WMS (WEB Map Service), WMTS (WEB Map Tile Service) та сервіси доступу до геопросторових даних WFS (WEB Feature Service);

- для відображення електронних карт повинна використовуватись бібліотека з відкритим вихідним кодом із використанням мови JavaScript, що підтримується поширеними мобільними і стаціонарними програмно-технічними платформами;

- сервером публікації просторової інформації для растрових файлів має забезпечуватись можливість використання даних з різних джерел (PostgreSQL, ESRI shape та інші). На сервері повинна використовуватись платформонезалежна бібліотека із високою швидкістю роботи з даними у багатопотоковому середовищі та із можливістю забезпечення якісної візуалізації геопросторової інформації;

- забезпечення підтримки одночасного розвитку як серверної, так і настільної ГІС;

- доступ до інформаційних ресурсів та обмін даними між компонентами має будуватись, наприклад, за REST архітектурою;

- програмне забезпечення повинне будуватися з використанням відкритих стандартів, бути добре документованим, функціонально багатим, а також мати можливість розширюватися за допомогою стандартних мов програмування;

- реалізація навігації по карті – можливість переміщення по карті з використанням міні-карти;

- виконання пошукових запитів – запит інформації до опублікованих наборів геопросторових даних;

- використання базового ГІС-інструментарію для розрахунку довжини, площі та периметру на геоportалі;

- дотримуватись рівнів використання геопросторових даних, метаданих та їх формати під час розроблення геоportалів та ГІС для задач територіальних громад.

Рекомендовано передбачити такі можливості на геоportалі ОМС:

- відображення об'єктів на карті в як точкових, лінійних чи полігональних об'єктів;

- відображення точкових об'єктів піктограмами, які визначає замовник;

- відображення різними кольорами об'єктів реєстру відповідно до статусу;

- відбір об'єктів на карті за допомогою системи фільтрів;

- побудову буферів навколо об'єктів реєстру в межах карти;

- побудову теплових карт щільності розташування об'єктів на карті;

- налаштування прозорості відображення об'єктів реєстру для використання в візуальному порівняльному аналізі з іншими реєстрами;
- вибір об'єкта на карті для отримання про нього інформації (об'єкти реєстру на карті мають бути інтерактивними);
- збереження в адресному рядку веб-інтерфейсу інформації про обрану область відображення шару з об'єктами реєстру та про обрані фільтри;
- можливість здійснювати групування та фільтрування об'єктів в атрибутивних таблицях;
- можливість експорту даних з геопорталу у форматах GeoJSON, KML тощо.

4.3. Методика розробки геопросторового забезпечення громади

Одним із ключових завдань в процесі адміністративно-територіальної реформи було і залишається створення спроможних громад, які зможуть забезпечити сталий місцевий розвиток і надання якісних послуг на основі прийняття ефективних управлінських рішень. Після місцевих виборів сформувалися нові самоврядні органи територіальних громад, які почали працювати за нових територіальних, організаційних, бюджетних умов. Водночас, успіх децентралізації вимірюватиметься результатами діяльності кожної громади. Тому важливо мати інформацію та результати аналізу діяльності кожної із них. Це дозволить проаналізувати сучасний стан розвитку громади та оцінити тенденції використання наявних ресурсів.

За сучасних умов діджиталізації, одним із ефективних інструментів накопичення інформації є геопортал. Він є також дієвим механізмом залучення інвесторів для розвитку сільських територій, відкриття нових видів бізнесу. Наразі уже є позитивні приклади створення порталу громад. Так, у співпраці з експертами та за підтримки партнера Мінрегіону – Координатора проєктів ОБСЄ в Україні, створено аналітичний портал спроможності громад¹⁸².

Портал спроможності громад у своїй структурі наповнений такими розділами з базами даних:

- демографія;
- населення територіальних громад;
- динаміка чисельності населення територіальних громад;
- частка осіб у віці молодшому за працездатний;
- частка осіб у віці старшому за працездатний;
- частка осіб працездатного віку;

¹⁸² Спроможність громад. 2021. URL: https://tdukr.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=47f24b79311f44e2863eabe27ccbdc81&fbclid=IwAR3NdmVaXZD_ojyJnqt41UF01jJ5eOuNZLfJALashZLhfl2mg8w5cdv0ohk

- кількість учнів, що навчаються в закладах загальної середньої освіти територіальних громад;
- кількість дошкільнят в закладах дошкільної освіти територіальних громад;
- інфраструктурний розвиток;
- площа територіальних громад;
- кількість закладів загальної середньої освіти в територіальних громадах;
- кількість закладів дошкільної освіти в територіальних громадах;
- кількість закладів, що надають первинну медичну допомогу;
- кількість підписаних декларацій із сімейними лікарями в територіальних громадах;
- кількість будинків культури;
- кількість публічних бібліотек;
- кількість мистецьких шкіл;
- кількість музеїв;
- фінансове забезпечення;
- всього надходжень до місцевого бюджету (загальний фонд);
- частка місцевих податків в дохідній частині бюджету загального фонду;
- індекс податкоспроможності;
- базова та реверсна дотація територіальної громади;
- надходження акцизу, грн/на 1 жителя;
- надходження єдиного податку грн/на 1 жителя;
- надходження плати за землю грн/на 1 жителя;
- частка витрати на оплату праці загальнодержавних функцій (міське самоврядування) від дохідної частини бюджету загального фонду.

За сучасних умов господарювання геоportal – це сервіс, який відкриває доступ до масиву корисних даних. Окрім містобудівної документації, на геоportalі може бути оприлюднена будь-яка інформація, що становить суспільний інтерес. Геоportal – прикладна сервіс-орієнтована технологія забезпечення доступу до інформаційних ресурсів.

Враховуючи, що основний інтерес дослідження зосереджений на територіальних громадах, при розробці та обґрунтуванні структури геоportalу ставилася мета додати до структури геоportalу основні складові, які б максимально забезпечили його інформативність та зацікавленість відстейкхолерів, ключовими з яких розглядаються потенційні інвестори¹⁸³.

Для обрання оптимальної структури та наповненості геоінвестиційного portalу громади та перевірки відповідності даної структури сучасним реаліям, проведено соціологічне дослідження серед керівників та спеціалістів громад на базі програмного середовища ArcGIS (рис. 4.4).

¹⁸³ Development model of territorial communities business and public administration / Skydan O., Shvets T., Plotnikova M., Kostyuk L. *Scientific Horizons*. 2019. Vol. 9. P. 3–12.

Структура геінвестиційного паспорта громади

З метою розробки уніфікованої методики геопросторового забезпечення об'єднаної територіальної громади та формування геоінформаційного паспорта громади запрошуємо Вас взяти участь у аналітичному дослідженні. Для цього пропонуємо Вам заповнити анкету.

Результати опитування будуть використані виключно в наукових цілях.

Чи погоджуєтесь Ви ствердженням, що в основі геопорталу громади мають бути інвестиційні об'єкти*

☐ Так

☐ Ні

☐ Інше

Чи погоджуєтесь Ви з структурою геопорталу

	так	ні
Територіальні особливості*	☐	☐

Рис. 4.4 – Експлікація соціологічного дослідження щодо структури геінвестиційного паспорта громади

Проведене дослідження охоплює п'ять тематичних блоків питань:

- 1 блок: Територіальні особливості.
- 2 блок: Інвестиційні об'єкти.
- 3 блок: Інфраструктура громади.
- 4 блок: Соціальний блок.
- 5 блок: Суб'єкти господарювання.
- 6 блок: Екологічний стан.

Отримані результати соціологічного дослідження, проведеного серед керівників громад, показали, що основними складовими розділу «Територіальні особливості» інвестиційного геопорталу громади є наступні: межі громади та населених пунктів (27 %); топографічна основа (25 %); типи ґрунтів (17 %); водні об'єкти (15 %); структура земель (11 %); інші об'єкти (рис. 4.5).

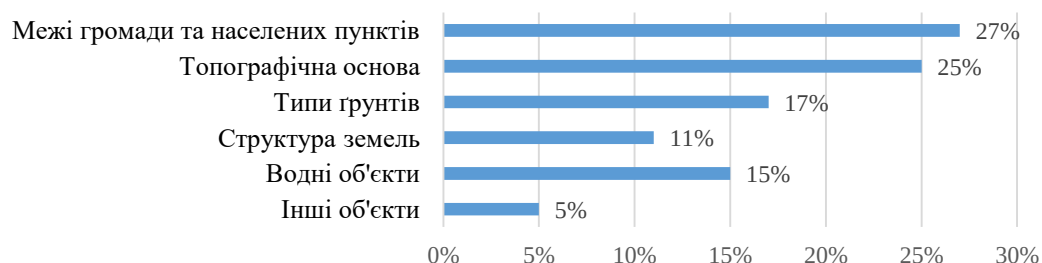


Рис. 4.5. Які компоненти мають входити у розділ «Територіальні особливості» інвестиційного геоportалу громади

Щодо інфраструктурного забезпечення, то отримані результати виявили, що основними складовими розділу «Інфраструктура» інвестиційного геоportалу громади є наступні: дороги (31 %); водогони (25 %); електромережі (23 %); газотранспортна мережа (14 %); інші об'єкти (рис. 4.6).

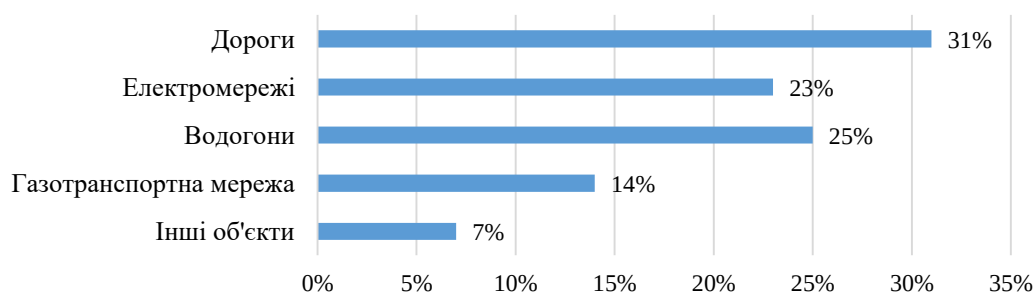


Рис. 4.6. Які компоненти мають входити у розділ «Інфраструктура» інвестиційного геоportалу громади

Основними складовими розділу «Суб'єкти господарювання» інвестиційного геоportалу громади є наступні: юридичні особи (51 %), фізичні особи (37%), інші об'єкти (рис. 4.7).

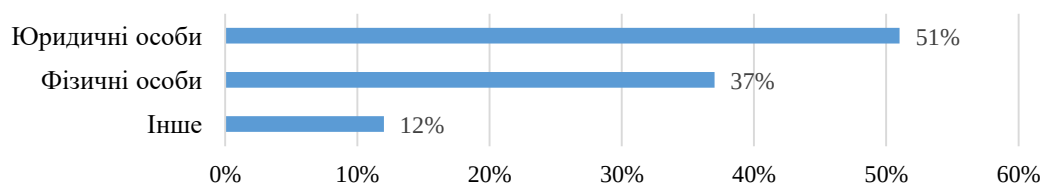


Рис. 4.7. Які компоненти мають входити у розділ «Суб'єкти господарювання» інвестиційного геоportалу громади

Отримані результати соціологічного дослідження засвідчили, що основними складовими розділу «Соціальний блок» інвестиційного геопорталу громади є наступні: населення (27 %); освіта (22 %); медицина (17 %); соціально-культурні об'єкти (14 %); культурно-історичні об'єкти (12 %); інші об'єкти (рис. 4.8).

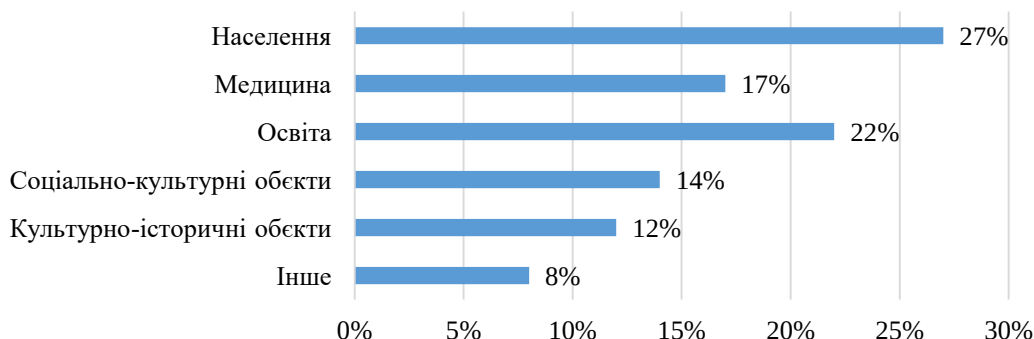


Рис. 4.8. Які компоненти мають входити у розділ «Соціальний блок» інвестиційного геопорталу громади

Відтак встановлено, що при формуванні інвестиційного геопорталу територіальної громади до структури геопорталу можуть бути включені такі складові: територіальні особливості, інвестиційні об'єкти, інфраструктура громади, соціальний блок, суб'єкти господарювання тощо¹⁸⁴.

У територіальних особливостях зазначаються межі громади та населених пунктів, топографічна основа, типи ґрунтів, структура земель, водні об'єкти, інші характеристики. Інвестиційні об'єкти представлені діючими та перспективними інвестиційними проектами, які можуть бути реалізовані на території громади. Інфраструктура громади включає дані про газотранспортну мережу, водогони, електромережі, дороги. Соціальний блок включає дані про населення, освіту, медицину, соціально-культурні об'єкти, культурно-історичні об'єкти. У блоці про суб'єктів господарювання відображаються дані про юридичні та фізичні особи, які здійснюють діяльність у межах громади¹⁸⁵.

В рамках адміністративно-територіальної реформи та відповідно до Закону України «Про добровільне об'єднання територіальних громад»¹⁸⁶ рішенням Житомирської обласної ради № 1571 від 14.08.2015 року утворено Високівську сільську ОТГ з центром у селі Високе Черняхівського району

¹⁸⁴ Analysis of the state and trends of development of rural areas of Ukraine in the context of modern global challenges based on the processing of satellite images using GIS / Nykolyuk O., Pyvovar P., Topolnitsky P., Dankevych V. *Agricultural sciences*. 2021. Vol. 2 (72). P. 23.

¹⁸⁵ Данкевич Є. М., Пивовар П. В. Індикатори стану розвитку сільських територій в умовах децентралізації. *Механізми управління розвитком територій* : зб. наук. пр. : у 2-х ч. Житомир : Поліський нац. університет, 2021. Ч. 2. С. 17–20.

¹⁸⁶ Про добровільне об'єднання територіальних громад : Закон України від 5 лют. 2015 р. № 157-VIII (із змінами). URL: <http://zakon1.rada.gov.ua>

Житомирської області, до складу якої увійшли села Високе та Осники Високівської сільської ради, села Забріддя та Щенів Забрідської сільської ради, село Городище Городищенської сільської ради (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Високівська сільська територіальна громада

Мешканці п'яти населених пунктів з центром у селі Високе утворили нову адміністративну одиницю. Громада здійснює свою діяльність з новими повноваженнями, з більш потужним фінансовим ресурсом та, відповідно, і з новими викликами, проблемами та шляхами їх вирішення.

Юридичною основою та представницьким органом громади є Високівська сільська рада, що діє відповідно до Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні»¹⁸⁷ та Статуту територіальної громади. Територія Високівської сільської ОТГ згідно з адміністративно-територіальним устроєм

¹⁸⁷ Про місцеве самоврядування в Україні : Закон України від 12 черв. 1997 р. *Відомості Верховної Ради України*. 1997. № 24, ст. 170.

України входить до складу Житомирського району Житомирської області та розташована в центральній частині області. Мінімальна відстань населених пунктів до адміністративного центру складає 2 км, максимальна – 10 км.

Земельні ресурси і територія громади. Територія Високівської громади займає площу 96,76 кв. км. Структуру земельних ресурсів у розрізі населених пунктів наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Земельні ресурси Високівської громади

№ п/п	Найменування населеного пункту	Загальна площа, кв. км	Площа у межах населених пунктів, га	Землі с/г призначення, га	Ліси та лісовкриті площі, га	Землі водного фонду, га
1	село Високе	31,4	501,6	1803,6	283,9	15
2	село Осники	17,8	217,6	1243,4	7,5	14,5
3	село Городище	15,76	217,05	905,5	177	7,5
4	село Забріддя	21,1	385,3	1347,11	98	4
5	село Щепів	10,7	173,2	746	-	2,5
	Всього	96,76	1494,75	6045,61	566,4	43,5

Містобудівні документи. В усіх населених пунктах громади відсутні генеральні плани та плани зонування територій. Нормативно-грошова оцінка наявна по всій громаді, але потребує оновлення.

Природні ресурси. Високівська громада розташована за 30 км на північний схід від м. Житомира в Поліській зоні області. Місцевість громади рівнинна, з невеликими височинами та болотами. Ґрунти підзолисті, місцями чорноземи. На північно-західній околиці села бере свій початок річка Мика, ліва притока Тетерева. У с. Осники працюють два кам'яні кар'єри, в яких видобувають якісний лабрадорит.

Кліматичні умови. Клімат помірно-континентальний, зими м'які з похмурою погодою та туманами, середня температура повітря в січні -6 градусів, але морози іноді доходять до -25 градусів. Ґрунти промерзають до 60 см. Тривалість без морозного періоду 150-170 днів.

Середньорічна кількість опадів на території громади становить 612 мм, в літні місяці за місячної норми 90 мм, за добу може випасти до 40 мм. Сніговий покрив на території громади невисокий (12-30 см) та несталий. Кількість днів з сніговим покривом 90-100 на рік. Основною водною артерією на території громади є річка Мика з численними притоками. Річка має ширину від 30 до 65 м глибину від 0,5 до 1,5 м, швидкість течії – 0,4 м/с.

Населення і трудові ресурси. Загальна чисельність населення Високівської громади станом на 01.01.2019 р. становить 2508 осіб. В статевій структурі населення жінки становлять 53 %, чоловіки – 47 %. У віковій структурі переважають люди середнього покоління (16–59 рр.) – 56 %, 60 і понад років становлять – 23 %, діти (0–15 років) – 21 %.

**Таблиця 4.2 – Характеристика населення та трудових ресурсів
Високівської громади**

№	Показник	Станом на 01.01.2019	Станом на 01.01.2020	Станом на 01.01.2021
1	2	3	4	5
с. Високе				
1	Загальна чисельність населення, зокрема:	993	978	974
2	Особи до 17 років	204	197	189
3	Особи від 18 до 39 років	291	281	284
4	Особи від 40 до 59 років	273	271	269
5	Особи від 60 років і більше	225	229	232
6	Чоловіки	472	469	467
7	Жінки	521	509	507
с. Осники				
1	Загальна чисельність населення, зокрема:	407	399	394
2	Особи до 17 років	91	93	96
3	Особи від 18 до 39 років	116	112	107
4	Особи від 40 до 59 років	107	102	101
5	Особи від 60 років і більше	93	92	90
6	Чоловіки	206	203	201
7	Жінки	201	196	193
С. Городище				
1	Загальна чисельність постійного (зареєстрованого) населення, зокрема:	390	377	369
2	Особи до 17 років	74	71	65
3	Особи від 18 до 39 років	83	80	79
4	Особи від 40 до 59 років	88	87	87
5	Особи від 60 років і більше	145	139	138
6	Чоловіки	173	171	167
7	Жінки	217	206	202
с. Забріддя				
1	Загальна чисельність постійного (зареєстрованого) населення, зокрема:	494	491	489
2	Особи до 17 років	100	99	99
3	Особи від 18 до 39 років	129	128	127
4	Особи від 40 до 59 років	116	116	115
5	Особи від 60 років і більше	149	148	148
6	Чоловіки	236	235	234
7	Жінки	258	256	255
С. Щенів				
1	Загальна чисельність постійного (зареєстрованого) населення, зокрема:	229	219	211
2	Особи до 17 років	46	43	41
3	Особи від 18 до 39 років	56	54	52
4	Особи від 40 до 59 років	71	67	67
5	Особи від 60 років і більше	56	55	51
6	Чоловіки	100	99	98
7	Жінки	129	120	113

Бюджет громади. Фінансовою основою місцевого самоврядування є доходи місцевого бюджету. Держава приймає активну участь у формуванні доходів бюджету місцевого самоврядування, фінансово підтримує місцеве самоврядування. Сільський бюджет Високівської громади формується у відповідності з Бюджетним кодексом України і входить до зведеного бюджету Житомирської області. На рис. 4.10-4.11 представлено видатки та доходи Високівської громади.

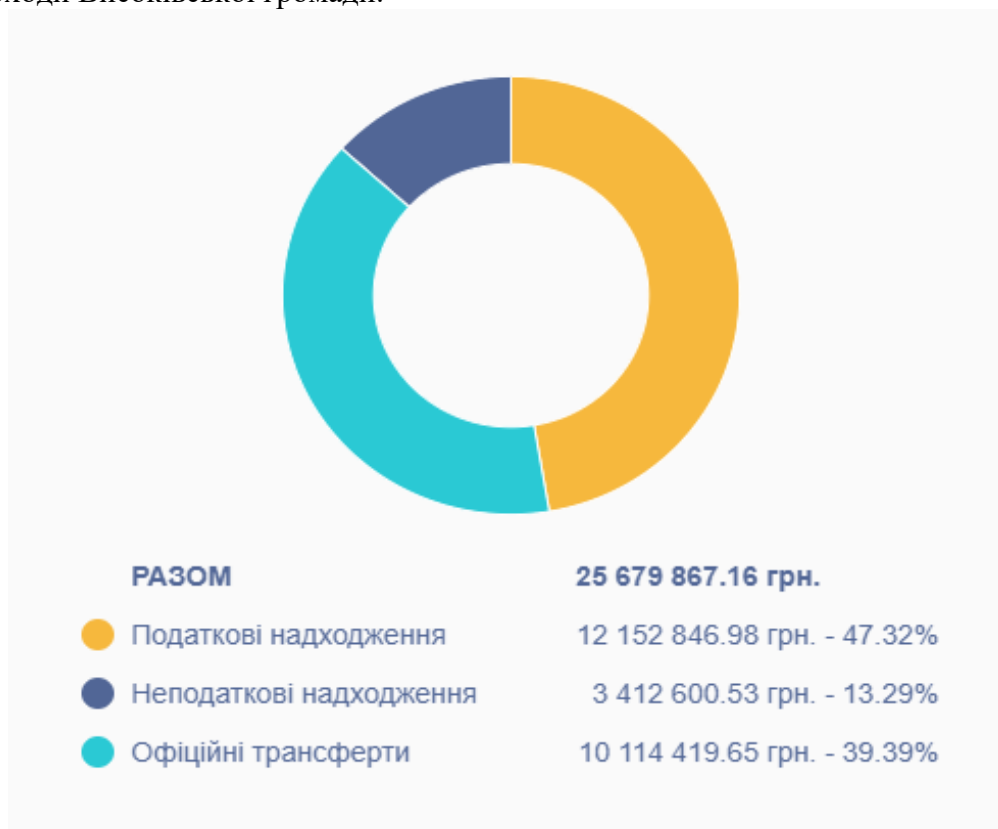


Рис. 4.10. Доходна частина бюджету Високівської сільської громади у 2020 р.

Таким чином, дана громада є фінансово спроможною, ефективно управляє своїми ресурсами, є повноцінним учасником державних програм підтримки, а також проводить ефективну податкову політику. У структурі власних податкових надходжень за період 2019-2021 рр. найбільшу частку займає податок на доходи фізичних осіб, який коливається у межах 43-50 %.

Вагомим джерелом надходжень є плата за землю, розмір якої у структурі надходжень коливається у межах 23-35 %, єдиний податок становить 6-10 %, плата за розміщення тимчасово вільних коштів – у межах 6-9 % (рис. 4.12).

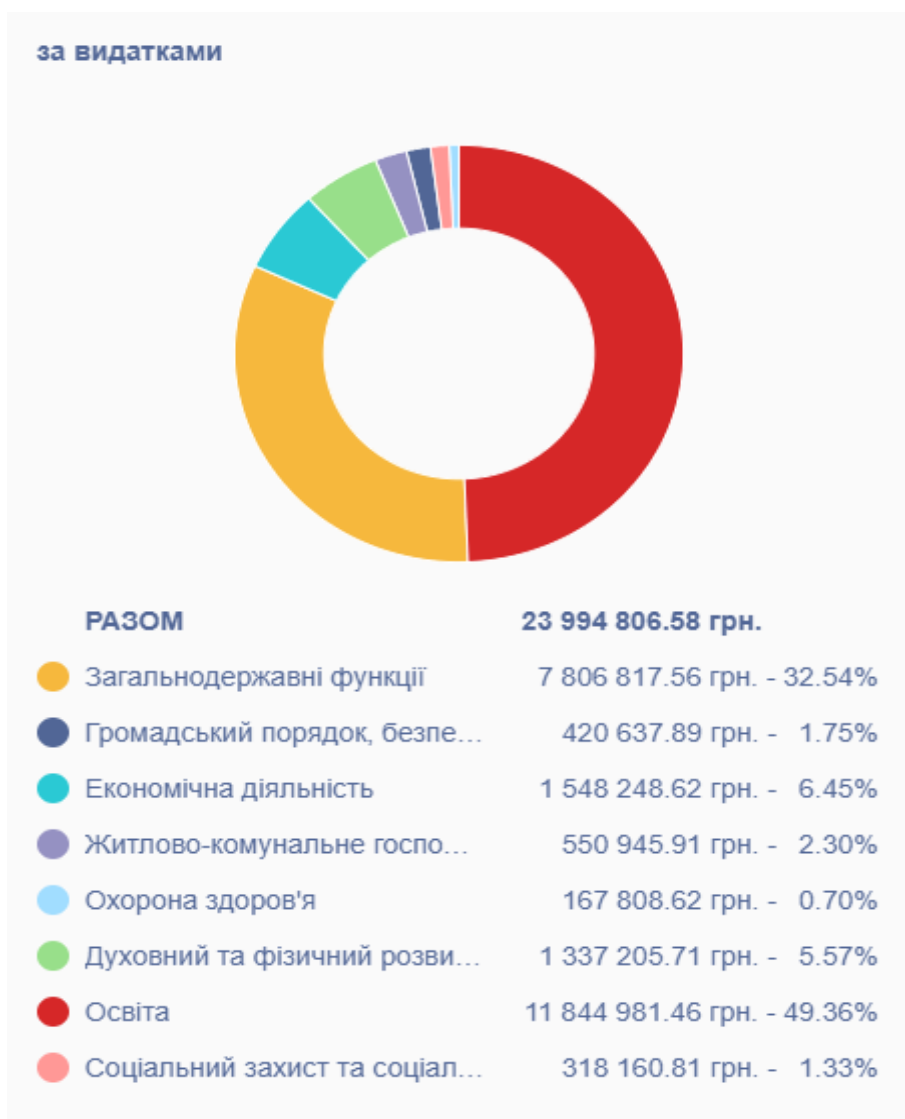


Рис. 4.11. Видаткова частина бюджету Високівської сільської громади у 2020 р.

Інвестиційна діяльність. На території Високівської громади з 2016 р. реалізуються проєкти за кошти державної субвенції на соціально-економічний розвиток регіонів, субвенції з державного бюджету місцевим бюджетам на формування інфраструктури об'єднаних територіальних громад, Державного фонду регіонального розвитку.

Транспортна інфраструктура і зв'язок. Громадський транспорт має вагоме значення в розвитку громади. Його розглядають як соціальну функцію, що забезпечує регулярне та надійне обслуговування населення за відносно низьких витрат. Громадський транспорт забезпечує: по-перше, перевезення пасажирів.

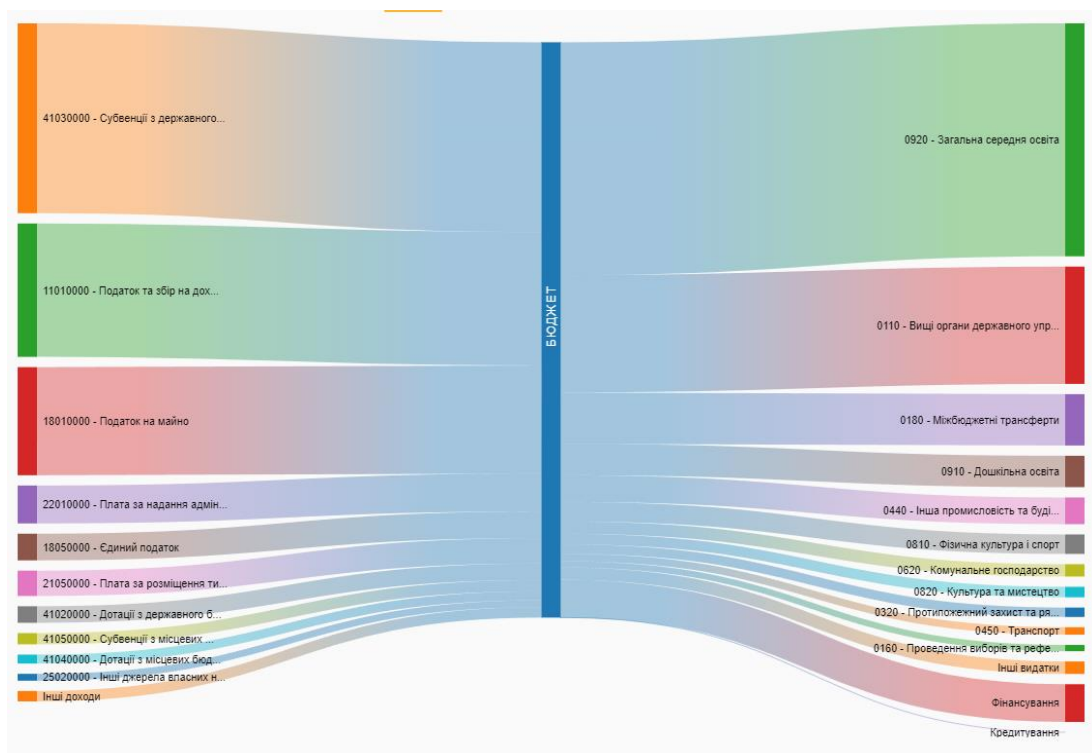


Рис. 4.12. Виконання бюджету Високівської сільської громади у розрізі фондів

По-друге, сполучення між районним центром, обласним центром, налагодження ефективної системи комунікацій. Громадський транспорт забезпечує виконання соціальних обов'язків щодо тих верств населення, які не мають індивідуальних автомобілів. Слід звернути увагу на те, що формування якісно нових транспортних систем має здійснюватись для розвитку громади, а не лише для виконання соціальної функції. Пасажирські перевезення здійснюють три приватні перевізники. Рівень охоплення громади автобусним сполученням складає 100%. По-третє, усі сільські населені пункти охоплені дорогами з твердим покриттям. Система доріг усередині громади є достатньо збалансованою і такою, що може забезпечити доступність усіх територій та населених пунктів.

Загальна протяжність доріг на території Високівської громади складає 49,9 км. Одним з найважливіших питань розвитку громади є стан дорожнього покриття поза межами населених пунктів, який знаходиться в незадовільному стані. Мережа автомобільних доріг потребує капітального ремонту, а подекуди і повної заміни дорожнього покриття. Щороку проводиться ямковий ремонт доріг, але ці заходи не можуть повною мірою вирішити проблему. Усі населені пункти громади забезпечені постійним транспортним сполученням з центром громади. Мережа зв'язку представлена компаніями Укртелеком, Інтертелеком, КомСервіс, Флешлан-телеком, які забезпечують телефонний зв'язок та підключення до мережі інтернет, мобільні оператори

Київстар, Vodafone, Lifecell, телевізійні послуги надає ТРК «Мрія» через кабельне телебачення з великим діапазоном телепрограм.

Мережа закладів торгівлі та громадського харчування. Сфера внутрішньої торгівлі та послуг є важливою складовою внутрішнього ринку і відіграє значну роль як у формуванні загальноекономічного потенціалу громади, так і у забезпеченні потреб населення у товарах та послугах. На території Високівської громади налічується 17 торгових закладів (магазини, кіоски тощо), 2 заклади громадського харчування (150 посадкових місць).

Туристична інфраструктура. Високівська громада володіє значним потенціалом для розвитку туризму. Щоправда, для його розвитку необхідні значні ресурси (як з бюджету громади, так і зовнішніх джерел) та багатолітня продумана місцева політика розвитку цієї галузі. Розвитку туризму сприяє привабливе навколишнє природне середовище.

Високівська громада – край з унікальними можливостями для розвитку і поширення туризму, оскільки тут гармонійно поєднується багата культурно-історична спадщина, мальовнича неповторна природа, щира гостинність мешканців громади і родюча земля. Неподалік с. Високого виявлено поселення доби міді і трипільської культури. Це говорить про те, що на цій території жили люди в сиву давнину. Крім того, на полях Високого знайдені речі кам'яної доби.

В с. Осники розроблено два родовища лабрадориту – це вулканічна порода, один з різновидів граніту. Той, що видобувається на цих родовищах, відрізняється яскравими синіми вкрапленнями на чорному фоні. Фахівці працюють за новітньою технологією, не використовують вибухівку, каміння вирізається спеціальним канатом. Використовується лабрадорит переважно у будівельній галузі. Постачають його майже по всьому світу: до Словенії, Італії, Туреччини, Єгипту. Багато йде до Китаю та Індії, де розташовані найбільші виробничі потужності з його обробки. Запасів сировини цих родовищ вистачить на 25-35 років.

Мережа закладів освіти. На теренах Високівської громади функціонує Високівська гімназія. Очевидно, що саме вона стане основою для створення опорної школи та управлятиме філіями. Для належного забезпечення освітнього процесу та якості підготовки учнів у Високівській гімназії створено новий освітній простір із запровадженням новітніх стандартів навчально-виховного процесу та поліпшенням матеріально-технічної бази за стандартами Нової української школи.

Мережа закладів охорони здоров'я. Медичну допомогу мешканцям Високівської громади надають комунальне некомерційне підприємство «Високівська сільська лікарська амбулаторія загальної практики сімейної медицини», фельшерсько-акушерський пункт в с.Городище, фельшерсько-акушерський пункт в с.Забріддя, фельшерський пункт в с. Осники та фельшерський пункт в с. Щеніїв.

Комунальне некомерційне підприємство «Високівська сільська лікарська амбулаторія загальної практики сімейної медицини» є закладом

охорони здоров'я, що надає медичні послуги, амбулаторну медичну допомогу населенню (обслуговується 2508 осіб). У березні 2019 р. заклад отримав автомобіль для сімейного лікаря, що дозволяє надавати медичні послуги пацієнтам у віддалених селах, проводити прийоми та консультувати тих людей, які не можуть прийти до амбулаторії. Забезпеченість громади закладами охорони здоров'я подано у табл. 4.3.

**Таблиця 4.3 – Забезпеченість Високівської громади
зкладами охорони здоров'я**

Показник	Значення
Забезпеченість лікарями загальної практики сімейної медицини на 10 тис. жителів, осіб	4
Частка населення, що отримує медичну допомогу у сімейних лікарів, %	76
Планова ємність амбулаторно-поліклінічних закладів, відвідувань за зміну	25
Кількість померлих дітей віком до 1 року на 1 тис. народжених живими, проміле	-

У рамках реформи сільської медицини, ініційованої Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України та Міністерством охорони здоров'я України у 2018 р. розпочато будівництво сучасної лікарської амбулаторії, яка будується за розробленим Мінрегіоном типовим проєктом будівництва сучасних медамбулаторій у сільській місцевості. У 2019 р. відкрився сучасний медичний заклад, адже медичні послуги мають бути доступними для кожного, а для лікарів забезпечені необхідні умови праці.

Заклади культури. На території Високівської громади діє 4 бібліотеки, 2 клуби, 3 будинки культури. В громаді недостатньо розвинута інфраструктура спортивного спрямування, в якій би населення безперешкодно та без обмежень займалося спортом та мало можливість здорового розвитку.

Інфраструктура закладів культури знаходиться переважно у незадовільному стані – відсутні каналізація і водопостачання, опалення у незадовільному стані або відсутнє.

В окремих установах культури проведено заміну вікон і дверей. Технічне і матеріальне забезпечення закладів культури застаріле і потребує модернізації або заміни. Варто також вказати на недостатню активність працівників установ культури. Вагомою проблемою є відсутність ініціативи та ідей з їхньої сторони, що спричиняє недостатній рівень культурного життя в публічному просторі. Переважно діяльність установ культури зводиться до організації рутинних заходів з нагоди державних свят і річниць, дня села, а не системної роботи у сфері розвитку культурного життя громади.

Стан навколишнього природного середовища. Територія, на якій розташована громада, має багато природних переваг – красиві ліси, багаті грибами, ягодами, а також річки. У громаді не працює жодне підприємство, яке б забруднювало довкілля, але на його стан впливає дуже актуальна проблема забруднення побутовим сміттям.

На території громади діють 5 паспоризованих діючих сміттєзвалищ. Відповідно до Закону України «Про відходи» запроваджено інформаційно-просвітницький проєкт «Сортуй заради майбутнього», з метою поліпшення екологічного стану громади за рахунок упровадження системи роздільного збору, вивозу та переробки твердих побутових відходів і подальшого використання їх компонентів, як вторинної сировини.

SWOT-аналіз Високівської громади. Ідентифікацію внутрішніх сильних і слабких сторін та розпізнавання зовнішніх можливостей і загроз для розвитку Високівської громади здійснено за допомогою SWOT-аналізу (табл. 4.4), результати якого дозволяють приймати обґрунтовані рішення щодо доцільності застосування переваг громади і нівелювання впливу внутрішніх слабких сторін, оптимально використовуючи зовнішні можливості та усуваючи загрози. У табл. 4.4 розкрито найбільш важливі внутрішні і зовнішні факторів, що мають значення для розвитку Високівської громади. Сильні і слабкі сторони є внутрішніми, а можливості і загрози – зовнішніми чинниками¹⁸⁸. Інструментарій цього методу є доцільним для стратегічного планування розвитку територій і громад.

При виконанні SWOT-аналізу кричну важливість має участь громадян та усіх стейкхолдерів в оцінюванні конкурентоспроможності громади і визначенні перспектив її розвитку.

Як зазначено вище, основними розділами геопросторового забезпечення прийняття управлінських рішень (набори шарів та карт) мають бути такі як територіальні особливості, соціальний блок, інфраструктура, суб'єкти господарювання та екологічний стан.

Однак усі ці розділи (шари та карти) мають бути забезпечувальними елементами просування громади, залучення інвестицій, туристів, мешканців. Тобто, в центрі геопорталу мають знаходитися інвестиційні об'єкти¹⁸⁹ (рис. 4.13).

Відповідно до ст. 4 Закону України «Про інвестиційну діяльність», об'єктами інвестиційної діяльності можуть бути будь-яке майно, в т. ч. й основні фонди та обігові засоби у всіх галузях та сферах економіки, цінні папери, цільові грошові вклади, науково-технічна продукція, інтелектуальні цінності, інші об'єкти власності, а також майнові права.

¹⁸⁸ Николук О. М., Тарасович Л. В. Аналіз стану та тенденції використання геопросторових даних на рівні об'єднаної територіальної громади. *Механізми управління розвитком територій* : зб. наук. пр. : у 2-х ч. Житомир : Поліський нац. університет, 2021. Ч. 2. С. 27–29.

¹⁸⁹ Топольницький П. П., Тарасович Л. В. Геопортал як елемент просторової інфраструктури даних. *Інструменти і практики публічного управління в контексті децентралізації* : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., 23 черв. 2021 р. Житомир : Поліський нац. університет, 2021. С. 69–70.

Таблиця 4.4 – SWOT-аналіз Високівської громади

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Вигідне географічне положення (близькість до Житомира; до міжнародної траси Київ-Чоп; до залізничної станції) 2. Привабливий ландшафт (наявність водойм, лісових угідь) 3. Наявність корисних копалин (граніт, пісок, глина) 4. Наявність земельних ділянок доступних для інвестицій 5. Розвинуте вуличне освітлення в громаді 6. Розвинута система газу та електропостачання 7. Великий відсоток населення з вищою освітою 8. Розвинений сільсько-господарський бізнес	1. Відсутність системи збору та утилізації сміття 2. Відсутність очисних споруд на підприємствах, що розташовані в громаді 3. Відсутність системи централізованого водопостачання в населених пунктах 4. Великий рівень безробіття в громаді 5. Неякісне дорожнє покриття між населеними пунктами громади 6. Поширення алкоголізму серед мешканців 7. Недостатній рівень безпеки в громаді 8. Низький рівень активності населення
Можливості	Загрози
1. Розвиток фермерських господарств на території ОТГ 2. Розвиток альтернативної енергетики на місцевому, регіональному та державному рівні 3. Збільшення кількості проєктів та можливостей міжнародної технічної допомоги, які підтримуватимуть ОТГ 4. Продовження реформ в Україні сприятиме покращенню бізнес-клімату 5. Збільшення бюджетної підтримки об'єднаних громад, в т.ч. через субвенції, кошти Державного фонду регіонального розвитку, дорожнього фонду та ін. 6. Зростання попиту на продовольство на світовому ринку стимулюватиме розвиток АПК	1. Продовження або замороження військового конфлікту на сході України (АТО) 2. Відтік робочої сили за межі громади 3. Несприятливі інвестиційні умови 4. Підвищення цін на енергоносії 5. Несприятлива державна система оподаткування для розвитку МСП 6. Згортання та/або непослідовність реформи децентралізації

При цьому законодавство спеціально забороняє інвестувати в об'єкти, створення і використання яких не відповідає вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, інших норм або завдає шкоди законним правам та інтересам фізичних та юридичних осіб і держави в цілому.

У контексті розвитку територіальних громад поняття їх інвестиційного потенціалу доцільно розглядати з позицій ресурсів і можливостей, які можуть бути мобілізовані для формування потоку інвестицій у створення та розвиток, передусім, підприємств й інфраструктурних об'єктів комунальної власності (власності громади), а також підприємств інших організаційно-правових форм, які здійснюватимуть виконання робіт і надання послуг на засадах публічно-приватного партнерства, забезпечуючи реалізацію повноважень і завдань територіальних громад як адміністративно-територіальних утворень

у сфері комунального господарства, освіти, охорони здоров'я, культури, соціального захисту, екологічної безпеки тощо.

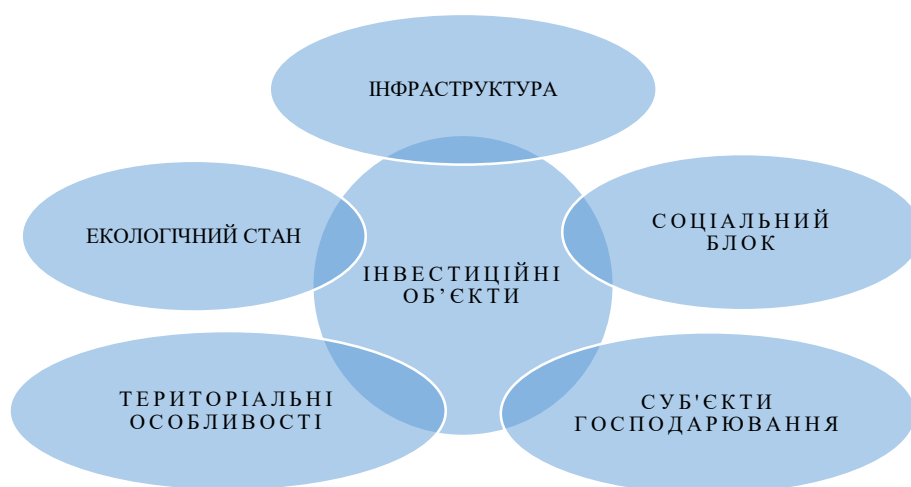


Рис. 4.13. Логічна структура (архітектура) геоінвестиційного порталу громади

Складовими інвестиційного потенціалу територіальної громади є низка чинників загальнодержавного, регіонального та локального рівня¹⁹⁰ (рис. 4.14), на основі яких формуються інвестиційні об'єкти: природно-кліматичні умови території, людські ресурси, економічна безпека, фінансові ресурси, інфраструктурне, інституційне та адміністративно-управлінське забезпечення.



Рис. 4.14. Складові інвестиційного потенціалу територіальної громади

¹⁹⁰ Пивовар П. В., Пивовар А. М. Формування визначення поняття “сільські території” як економічної категорії. *Агросвіт*. 2021. № 11. С. 21–33.

Розділ «Територіальні особливості». Враховуючи всі наявні інформаційні ресурси в державних органах управління, відкритих джерелах інформації та в самій громаді для відображення розділу «Територіальні особливості» можна виділити такі шари розділу (рис. 4.15).

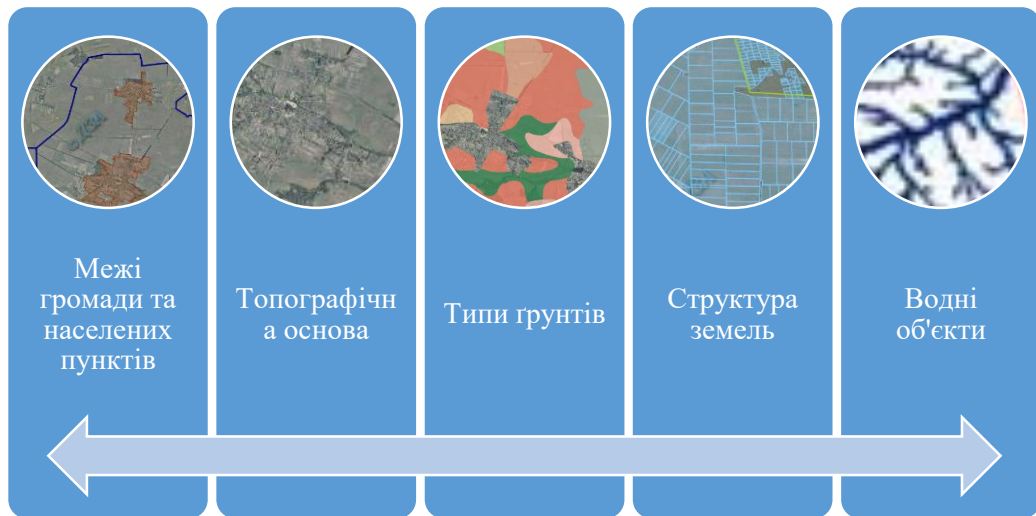


Рис. 4.15. Структура розділу геоportалу «Територіальні особливості»

Межі громади та населених пунктів. Статтею 173 Земельного кодексу України встановлено, що межа населеного пункту (району, села, селища, міста, району у місті) – це умовна замкнена лінія на поверхні землі, що відокремлює територію району, села, селища, міста, району у місті від інших територій¹⁹¹. Межі населеного пункту (адміністративно-територіальної одиниці) визначаються як по суходолу, так і по водному простору.

Межі населеного пункту встановлюються і змінюються за проектами землеустрою щодо встановлення або зміни меж адміністративно-територіальних одиниць, які розробляються з урахуванням генеральних планів населених пунктів. Проект землеустрою відносно зміни меж населеного пункту розробляється у разі наявності діючого генерального плану населеного пункту.

Також Земельним кодексом передбачено, що «землі та земельні ділянки державної власності, включені в межі населеного пункту (крім земель, які не можуть передаватися у комунальну власність), переходять у власність територіальної громади. Рішення про встановлення меж населеного пункту та витяги з Державного земельного кадастру про межу відповідної адміністративно-територіальної одиниці та про відповідні земельні ділянки, право власності на які переходить до територіальної громади, є підставою для державної реєстрації права комунальної власності на такі земельні ділянки».

¹⁹¹ Земельний кодекс України. Відомості Верховної Ради України. 2002, № 3–4, ст. 27. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>

Для побудови шару меж громади (рис. 4.16) та населених пунктів можна використовувати офіційні геокодовані межі населених пунктів, представлені на сайті Міністерства розвитку громад та територій України (Мінрегіон дозволяє: поширювати – копіювати, передавати дані адміністративно-територіального устрою України, навіть з комерційною метою, змінювати – переробляти, розвивати твір.

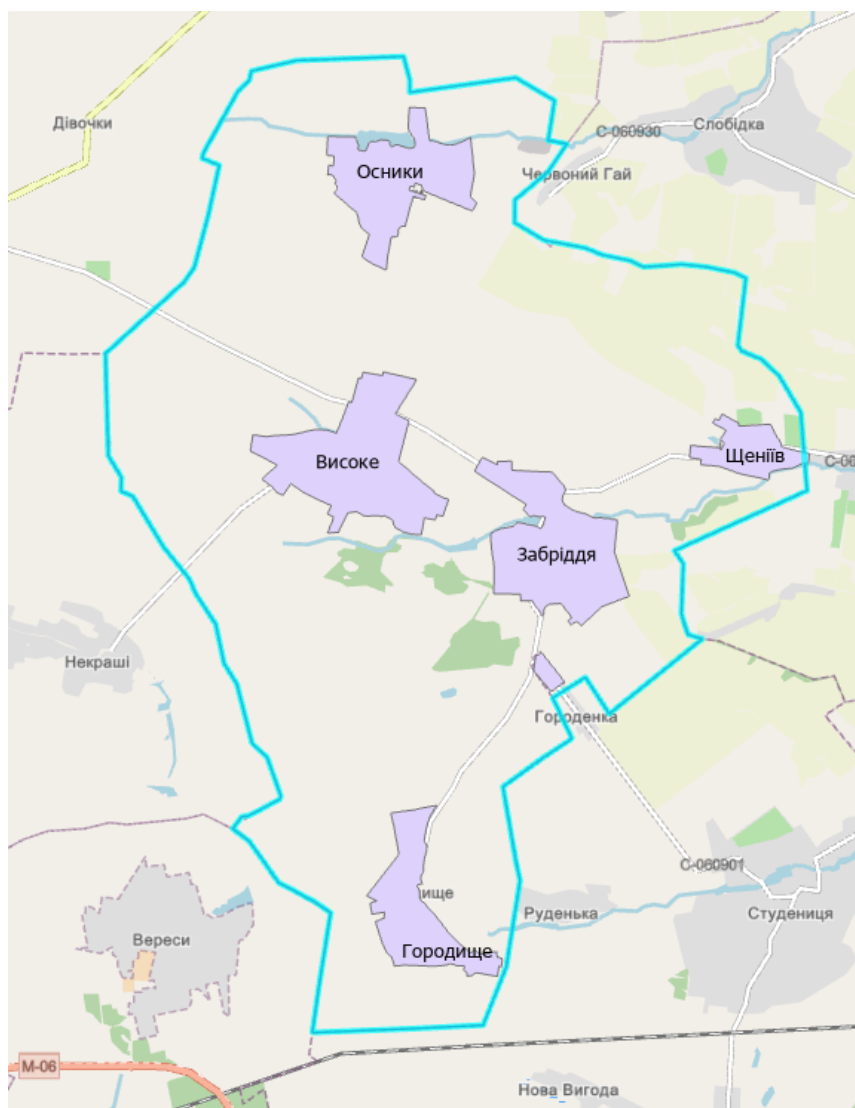


Рис. 4.16. Шар геопорталу «Територіальні особливості»

Умови такі: слід зберігати посилання на попередніх виконавців у визначеній ними формі (Attribution), змінений наступним співавтором твір має поширюватися на умовах цієї ж ліцензії CC BY-SA (Share Alike).

https://atu.decentralization.gov.ua/ADMIN_UKR/ADMIN_3.geojson.

Або використати зручні для завантаження міжнародні геобазы даних, які збирають інформацію із офіційних джерел інформації:

URL: <https://download.geofabrik.de/europe/ukraine.html>.

URL: https://data.amerigeoss.org/uk_UA/dataset/ukraine-administrative-boundaries-as-of-q2-2017.

Типи ґрунтів. Для Високівської громади, яка розміщена на території Полісся, характерна наявність лісової та болотної рослинності. Кількість опадів за рік (550-650 мм) тут перевищує кількість випаруваної з поверхні води. Це зумовлює промивний тип водного режиму, призводить до заболочування понижених ділянок, утворення болотних ґрунтів. Цьому сприяє також високий рівень залягання ґрунтових вод. Ґрунтоутворюючі породи мають переважно легкий механічний склад і представлені піщаними та супіщаними льодовиковими і водно-льодовиковими відкладами. Інколи, переважно у західних районах, у місцях виходу на поверхню масивно-кристалічних порід трапляються крейдяно-мергельні відклади та невеликі острівки лесових¹⁹².

Основними типами ґрунтів в Поліссі (>60 %) є дерново-підзолисті ґрунти із різним ступенем опідзолення, оглеєння та механічним складом. Вони утворились під хвойними та мішаними лісами з трав'янистою рослинністю, що сприяло формуванню таких ґрунтових горизонтів: гумусо-елювіального (18–25 см), елювіального та ілювіального. Вміст гумусу в орному шарі цих ґрунтів досить низький і коливається в межах від 0,7-1,0 % у піщаних і супіщаних до 1,5-2,0 % у суглинкових відмінах. Вони ущільнені (1,40-1,55 г/см³), запасують мало води, мають високу водо- і повітропроникність, низьку ємність вбирання та містять недостатньо основ та поживних речовин, реакція ґрунтового розчину в них кисла – рН 4,2–5,2. Домінують торф'яно-підзолисті ґрунти, які займають близько 75 % території Полісся. На базі продуктів елювіогенезу крейдяного мергелю сформувалися дерново-карбонатні ґрунти¹⁹³.

На процес ґрунтоутворення вплинула діяльність людини. Вирубка лісів та розорювання великих площ та осушення боліт зумовило зниження рівня ґрунтових вод, збільшення надходження в ґрунт органічних речовин з кореннями трав'янистих рослин, що призвело до посилення дернового процесу ґрунтоутворення.

Для побудови шару «Ґрунти» використано дані публічної кадастрової карти України, що містять інформацію про ґрунтовий покрив України. Шар створено шляхом векторизації карти ґрунтів України М 1:200 000 у рамках виконання бюджетної програми 2012 р. щодо створення автоматизованої системи Державного земельного кадастру. Шар не містить відомостей

¹⁹² Ґрунти України. URL: <https://golubs.wordpress.com/2011/12/13/%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D0%B8-%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8/>

¹⁹³ Кирильчук А. А. Дерново-карбонатні ґрунти (рендзини) Мало́го Полісся : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук. Львів, 2001. 22 с.

Державного земельного кадастру і має інформаційний характер щодо ґрунтового покриття України (рис. 4.17).

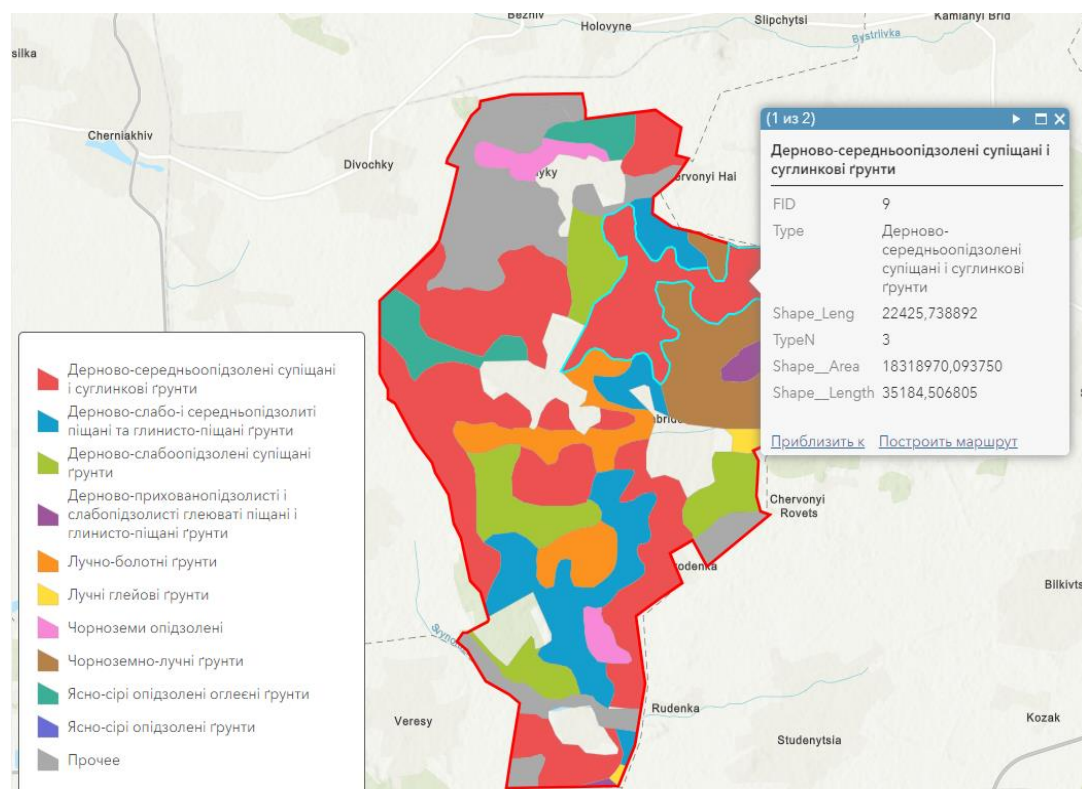


Рис. 4.17. Шар геопорталу «Ґрунти»

Джерелами даних для побудови ґрунтової карти були дані публічної кадастрової карти України¹⁹⁴.

Топографічна основа. Топографічною основою в типовому геопорталі можуть виступати карти OpenStreetMap, топографічна карта 1:1000 та супутниковий знімок зроблений КА Sentinel – 2 з розрізненістю 10 метрів (рис. 4.18).

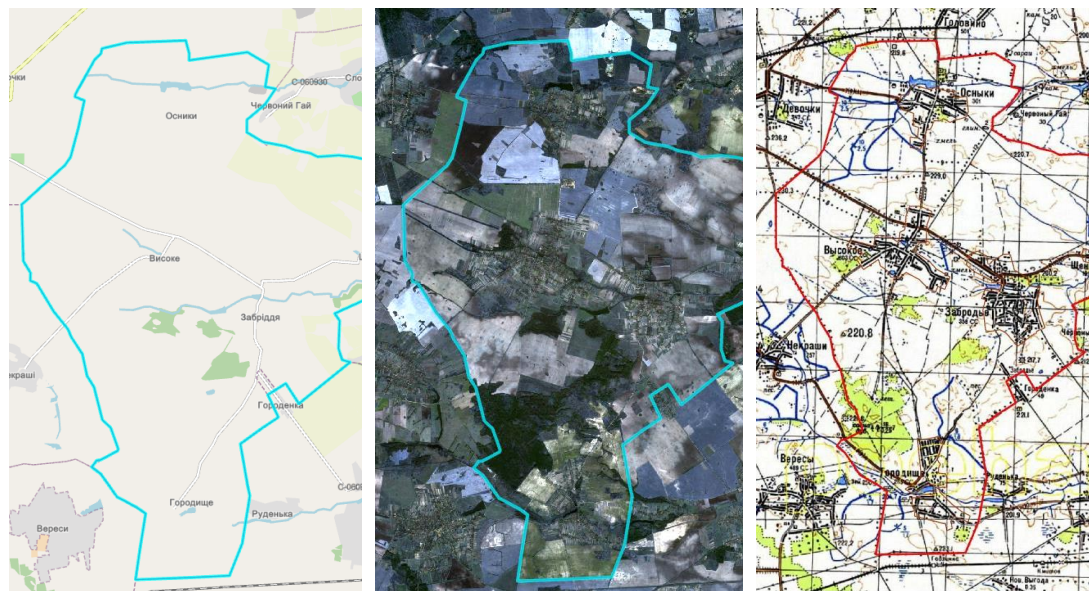
OpenStreetMap – міжнародний проєкт, метою якого є створення вільної, відкритої мапи світу¹⁹⁵. Велика кількість учасників по всьому світу постійно додають дані про місцевість, в якій вони проживають, допомагають наповнити мапу даними про об'єкти інфраструктури поруч із ними, беруть участь у створенні мапи для допомоги постраждалим у зонах стихійних лих, катастроф і таке інше.

Дані, зібрані учасниками проєкту, є вільними, відкритими та безкоштовними. Вони отримані з відкритих джерел, передані урядовими та

¹⁹⁴ Публічна кадастрова карта України. URL: https://map.land.gov.ua/?cc=3225652.5191574777,6506062.491558714&z=11&l=grunt,atu,kadastr&bl=ortho10k_all

¹⁹⁵ OpenStreetMap Україна. URL: <https://openstreetmap.org.ua/>

комерційними організаціями, а також зібрані в ході досліджень місцевості рядовими учасниками проєкту¹⁹⁶.



OpenMap

Sentinel - 2

Топографічна карта
1:1000

Рис. 4.18. Шар геопорталу «Топографічна основа»

Топографічна карта 1:1000 – докладні, єдині за змістом, оформленням і математичною основою загальногеографічні карти, на яких зображені природні і соціально-економічні об'єкти місцевості з властивими їм якісними і кількісними характеристиками і особливостями розміщення, без виділення якихось певних елементів серед інших. Ступінь деталізації залежить виключно від масштабу карти, вимог щодо генералізації та особливостей даної території¹⁹⁷.

Sentinel-2 – сімейство супутників ДЗЗ Європейського космічного агентства, створене в рамках проєкту глобального моніторингу навколишнього середовища та безпеки «Коперник» (англ. Copernicus). Супутники призначені для моніторингу використання земель, рослинності, лісових та водних ресурсів, також можуть застосовуватись при ліквідації наслідків стихійного лиха¹⁹⁸.

¹⁹⁶ Данкевич В. Є., Топольницький П. П. Отримання та обробка матеріалів космічних зйомок для дослідження стану розвитку сільських територій. *Механізми управління розвитком територій* : зб. наук. пр. : у 2-х ч. Житомир : Поліський нац. університет, 2021. Ч. 2. С. 25–27.

¹⁹⁷ Картографія: довідник. Топографічні карти. *GeoGuide* : вебсайт. URL: <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=map&art=map101>

¹⁹⁸ Copernicus: Sentinel-2. The Optical Imaging Mission for Land Services. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-2>

Структура земель. Дотепер в законодавстві немає чіткого визначення понять категорії земель, цільового призначення та виду використання, а також їх співвідношення. Ці поняття постійно зустрічаються в Земельному кодексі України¹⁹⁹. Він, зокрема, встановлює цивільну та адміністративну відповідальність за порушення використання земель різних категорій та цільових призначень.

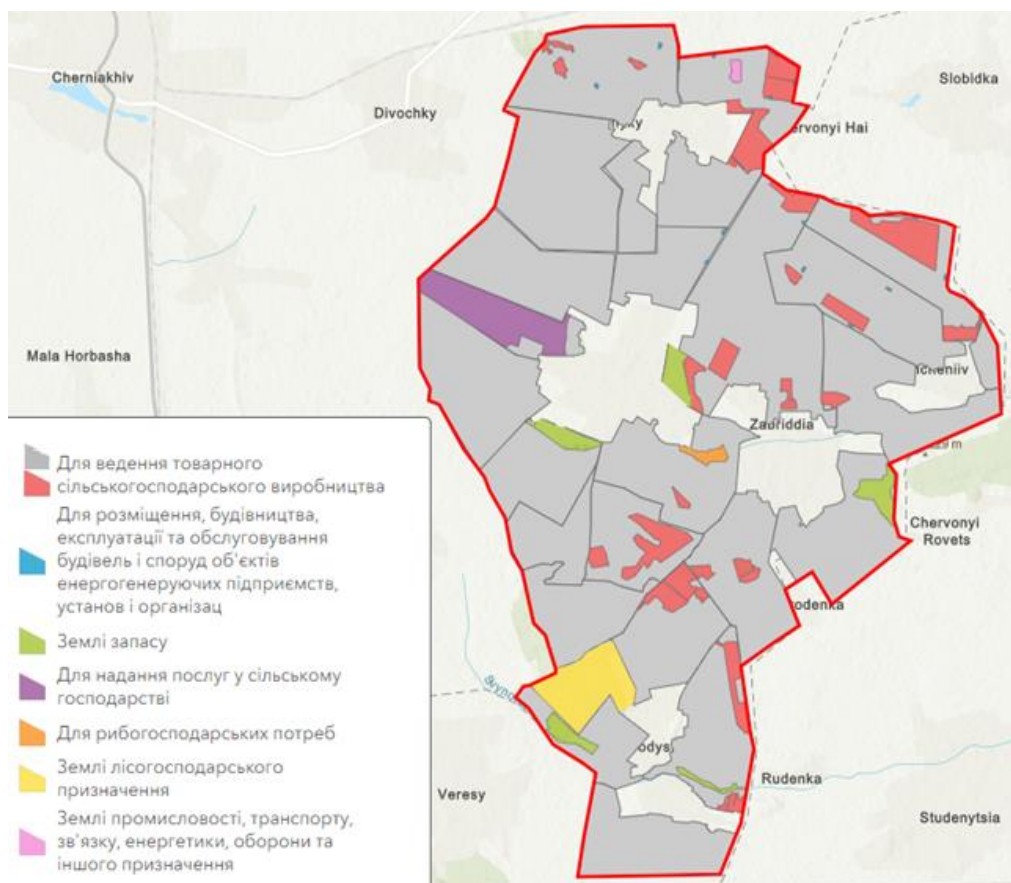


Рис. 4.19. Шар геопорталу «Типи земель за цільовим призначенням»

Згідно зі статтею 19 Земельного кодексу України землі України за основним цільовим призначенням поділяються на такі категорії: землі сільськогосподарського призначення; землі житлової та громадської забудови; землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення; землі оздоровчого призначення; землі рекреаційного призначення; землі історико-культурного призначення; землі лісгосподарського призначення; землі водного фонду; землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення²⁰⁰.

¹⁹⁹ Земельний кодекс України. *Відомості Верховної Ради України*. 2002, № 3–4, ст. 27. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>

²⁰⁰ Земельний кодекс України. *Відомості Верховної Ради України*. 2002, № 3–4, ст. 27. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>

Згідно з частиною другою цієї ж статті, земельні ділянки кожної категорії земель, які не надані у власність або користування громадян чи юридичних осіб, можуть перебувати у запасі. Тобто можемо вважати, що категорія земель є найбільш загальним поняттям і поділ земель на категорії здійснюється з прив'язкою до їх цільового призначення. Цільове призначення земель визначається відповідно до Класифікації видів цільового призначення земель (КВЦПЗ), затвердженої наказом Держкомзему України від 23.07.2010 № 548²⁰¹. За Конституцією України (254к/96-ВР) земля перебуває у власності громадян, юридичних осіб, територіальних громад та держави (рис. 4.20).

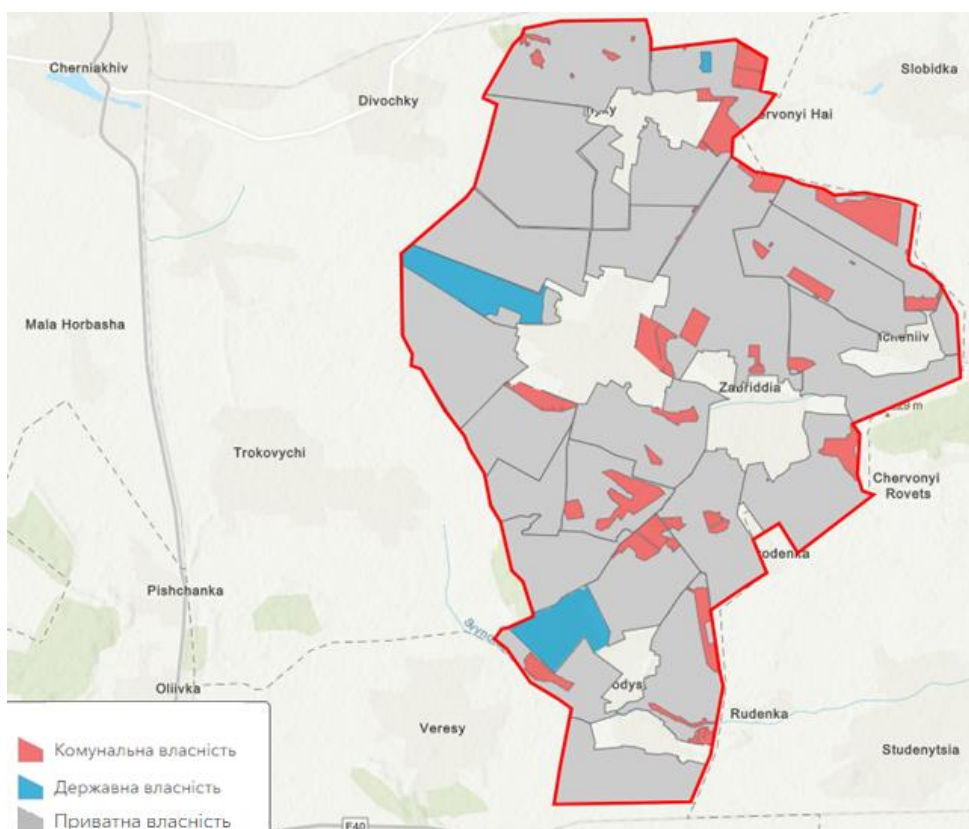


Рис. 4.20. Шар геопорталу «Типи земель за формою власності»

Цю власність охороняє законодавство. Всі форми власності є рівноправними. Право власності та право постійного користування земельною ділянкою засвідчують державні акти. Державні акти на землю видають і реєструють ті ради, у віданні яких є відповідні земельні ділянки. Форми державних актів затверджено в документах Верховної Ради України та Кабінету Міністрів України. Тимчасове користування землею чи оренду землі належить оформити в договорі про тимчасове користування або в договорі

²⁰¹ Про затвердження Класифікації видів цільового призначення земель : наказ Держкомзему України від 23.07.2010 р. № 548. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1011-10#Text>

оренди. Порядок державної реєстрації договорів оренди землі встановлює Кабінет Міністрів України²⁰². Джерелами даних була база даних державна служба України з питань геодезії картографії та кадастру²⁰³.

Водні об'єкти. До водних об'єктів належать: 1) внутрішні морські води, територіальне море, а також акваторії морських портів; 2) підземні води, які є джерелом централізованого водопостачання; 3) поверхневі води (озера, водосховища, річки, канали), що знаходяться і використовуються на території більш як однієї області, а також їх притоки всіх порядків; 4) водні об'єкти в межах територій природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, а також віднесені до категорії лікувальних.

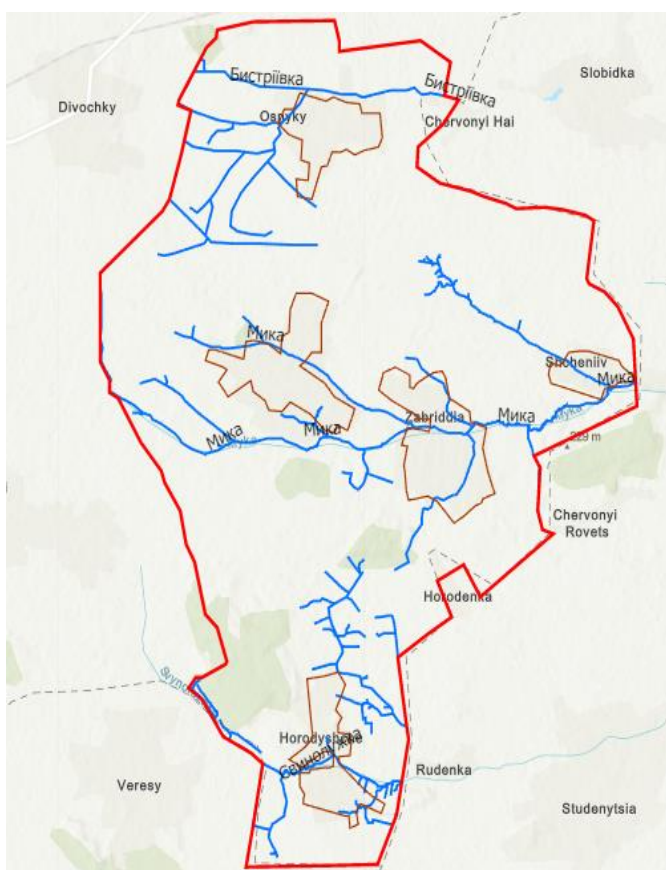


Рис. 4.21. Шар геопорталу «Водні об'єкти»

До водних об'єктів місцевого значення належать: 1) поверхневі води, що знаходяться і використовуються в межах однієї області і які не віднесені до водних об'єктів загальнодержавного значення; 2) підземні води, які не можуть бути джерелом централізованого водопостачання. Джерелом даних

²⁰² Конституція України. Відомості Верховної Ради України. 1996. № 30, ст. 141. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>

²⁰³ Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. URL: <https://land.gov.ua/>

був Державний водний кадастр України: облік поверхневих водних об'єктів²⁰⁴.

Розділ «Інфраструктура». Інфраструктура займає ключове місце в розвитку економіки сільської території, оскільки її існування пов'язане зі станом продуктивних сил і територіальним поділом праці, а також ефективністю функціонування сфери матеріального виробництва. Інфраструктурне облаштування економіки громади, з одного боку, залежить від темпів модернізації, а з іншого саме виступає джерелом економічного зростання. Розвиток інфраструктури залежить від специфіки галузей і природних ресурсів та здійснюється відповідно до змін у виробничій сфері. Інфраструктура має істотний вплив на ефективність функціонування господарюючих суб'єктів через участь виробничих та соціальних послуг у створенні споживної вартості і ціни продукту. Інфраструктура сучасного села визначається діяльністю комплексу галузей місцевого господарства, що забезпечують населення і виробництво. Нині основні напрями ринкової трансформації інфраструктури сільських територій зосереджені на наступних її елементах (рис. 4.22).

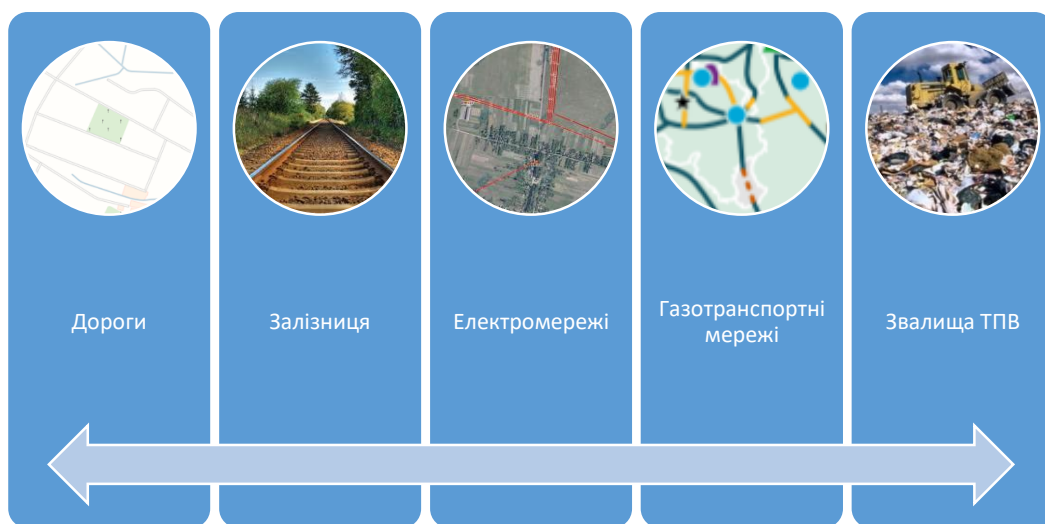


Рис. 4.22. Структура розділу геопорталу «Інфраструктура»

Дороги. Розвинена дорожньо-транспортна інфраструктура є необхідною передумовою економічного і соціального регіонального розвитку, зокрема на місцевому рівні, адже дозволяє задовольнити потреби підприємств та населення в перевезеннях вантажів і пасажирів, налагодити стабільні виробничо-коопераційні зв'язки, досягнути збалансованого просторового розвитку та підвищити рівень локальної доступності сільських територій, їх інвестиційну привабливість і конкурентоспроможність. Так, розбудова транспортної галузі передбачає реалізацію державної політики реформування

²⁰⁴ Державний водний кадастр України: облік поверхневих водних об'єктів. URL: <http://geoportal.davr.gov.ua:81/#swbStanXSidebar>

та розвитку транспортно-дорожнього комплексу у напрямках підвищення ефективності управління на транспорті, оновлення існуючих і будівництва нових об'єктів транспортної інфраструктури, поліпшення якості, безпеки і доступності транспортних послуг для забезпечення потреб економіки та громадян у перевезеннях.

На території громади ведуться роботи з реалізації важливих інфраструктурних проектів. Один з них – це відновлення та вдосконалення дорожнього полотна. В громаді щороку проводиться капітальний ремонт доріг районного значення²⁰⁵. Всі населені пункти громади та дороги між ними забезпечені асфальтованим дорожнім полотном (рис. 4.23). Джерелами даних для побудови ґрунтової карти були дані публічної кадастрової карти України.

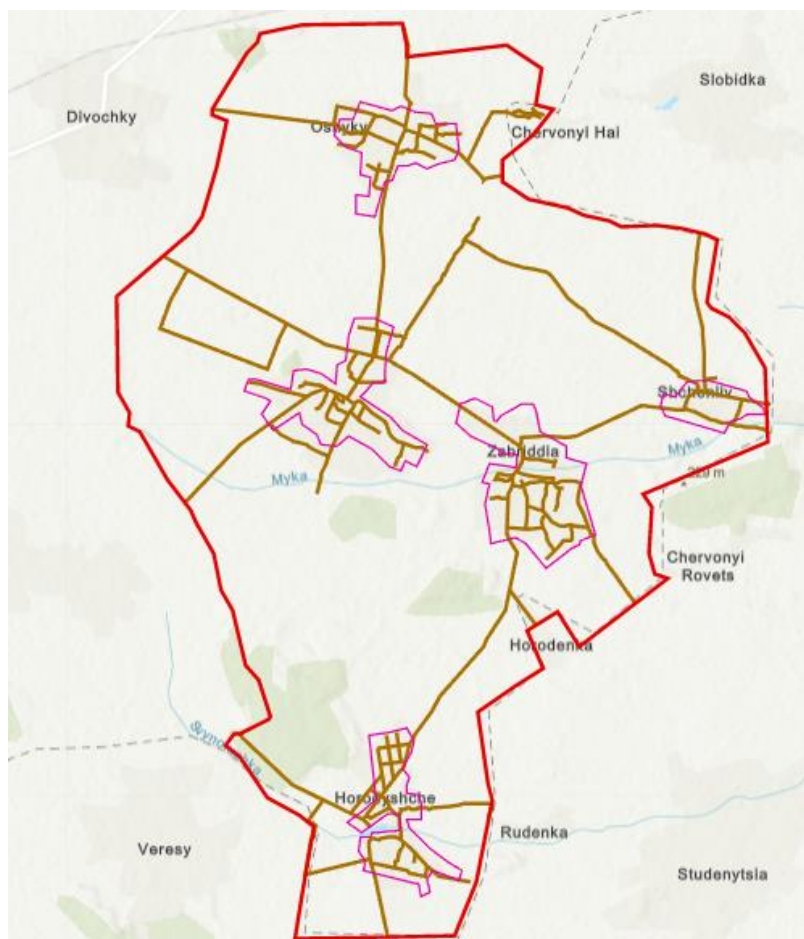


Рис. 4.23. Шар геопорталу «Дороги»

Одним із важливих елементів інфраструктурного забезпечення розвитку сільських територій є наявність або невелика відстань до залізничних вузлів. Залізничний транспорт України є провідною галуззю в дорожньо-

²⁰⁵ Триває поточний ремонт доріг. *Високівська громада* : вебсайт. URL: <https://vysokivska-gromada.gov.ua/news/1624373702/>

транспортному комплексі країни, який забезпечує майже 82 % вантажних і 36 % пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту. Через Високівську громаду безпосередньо не проходять залізничні колії та відсутні залізничні станції. Але на відстані 12 км від громади (центр громади – с. Високе) знаходиться транспортний вузол станція Житомир (товарний та пасажирський); транспортний вузол станція Горбаши (сmt Черняхів (товарний та пасажирський); транспортний вузол станція Головино (товарний) (рис. 4.24).

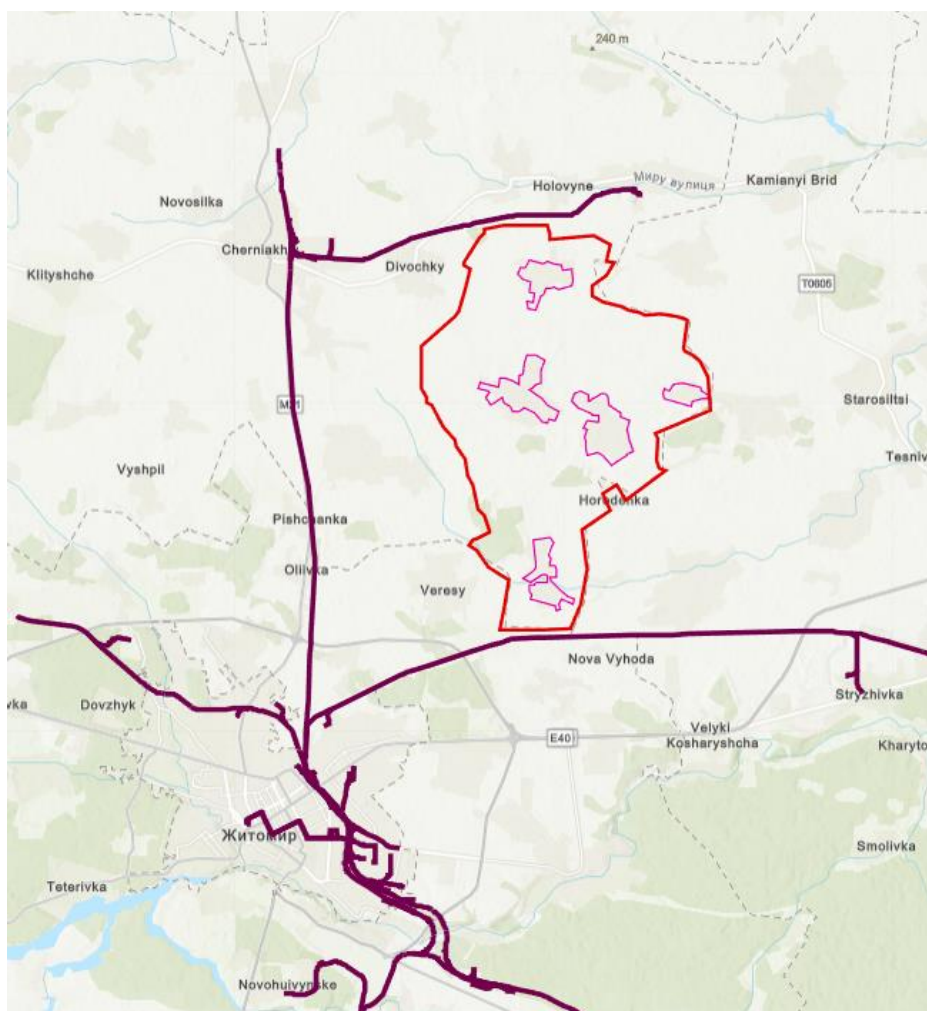


Рис. 4.24. Шар геопорталу «Залізниця»

Електрифікація сільських територій передбачає створення та введення в дію електроенергетичної бази для споживачів на сільських територіях (будівництво електростанцій, ліній електропередач і трансформаторних підстанцій для виробництва й транспортування електроенергії, широке використання її для електрифікації й автоматизації виробничих процесів та в побуті сільського населення). Електрифікація є одним із вагомих чинників

розвитку бізнесу та залучення інвестицій, важливою умовою створення матеріально-технічної бази сільських територій, підвищення продуктивності праці й культури виробництва, вдосконалення його техніки і технологій та забезпечення соціальних потреб населення. Населені пункти є повністю електрифікованими з потужністю електромережі 10кВ. Джерелами даних для побудови карти електрифікації громади були дані публічної кадастрової карти України.

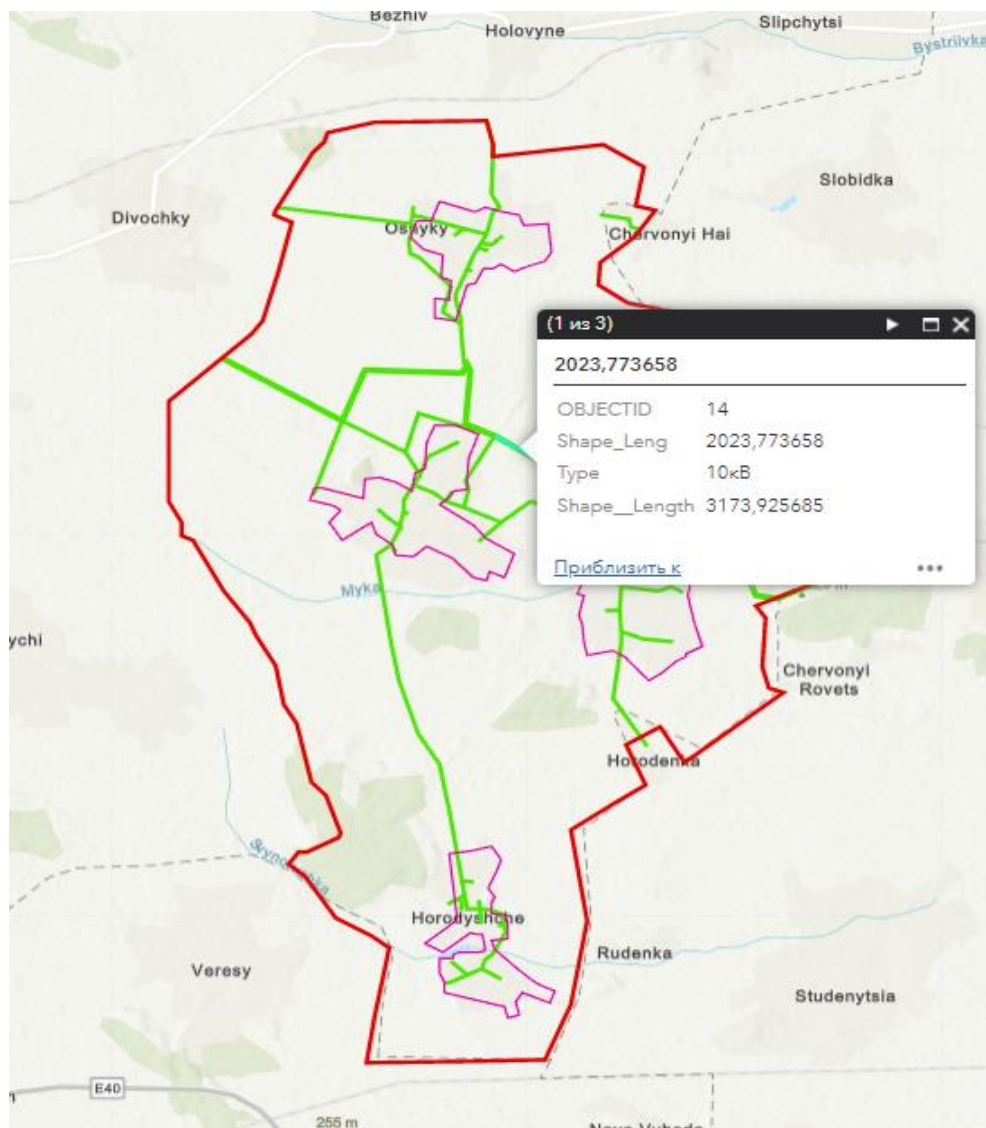


Рис. 4.25. Шар геопорталу «Електромережі»

Газифікація сільських територій є одним із факторів що формують інвестиційну привабливість сільських територій як для великого бізнесу, так і для фізичних осіб. Населені пункти Високівської громади повністю газифіковані та мають широко розгалужену мережу, що дає можливість

інвесторам вибрати місце своєї виробничої діяльності із врахування електропостачання, дорожнього забезпечення та відстані до населених пунктів (рис. 4.26).

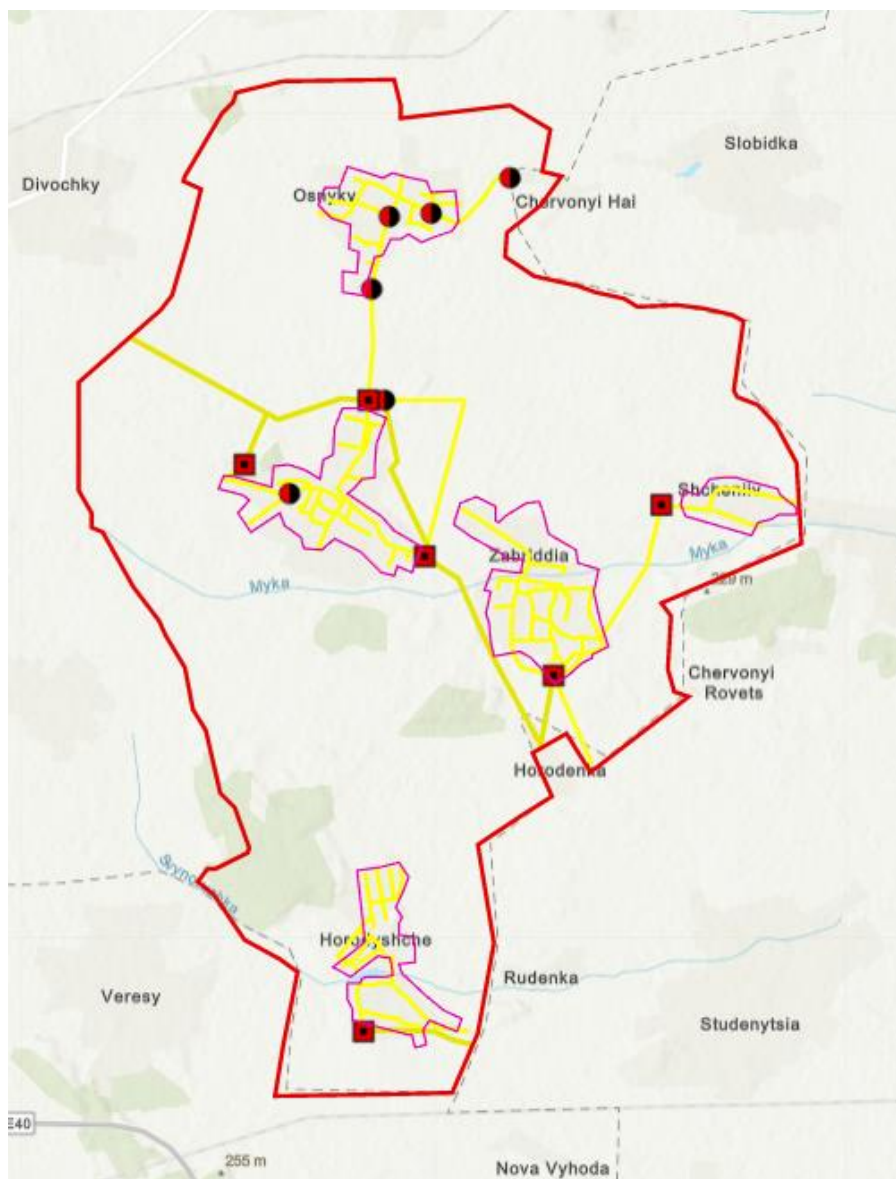


Рис. 4.26. Шар геопорталу «Газифікація»

Наявність сертифікованих місць твердих побутових відходів є одним із факторів вибору майбутнього місця ведення виробничої діяльності. На території громади наявні 6 полігонів для сортування та подальшого вивезення твердих побутових відходів, обладнаних під'їздами. Для користування цими полігонами підприємства, які ведуть господарську діяльність на території

громади, укладають договір з виконавцем послуг на вивезення побутових відходів²⁰⁶ (рис. 4.27).

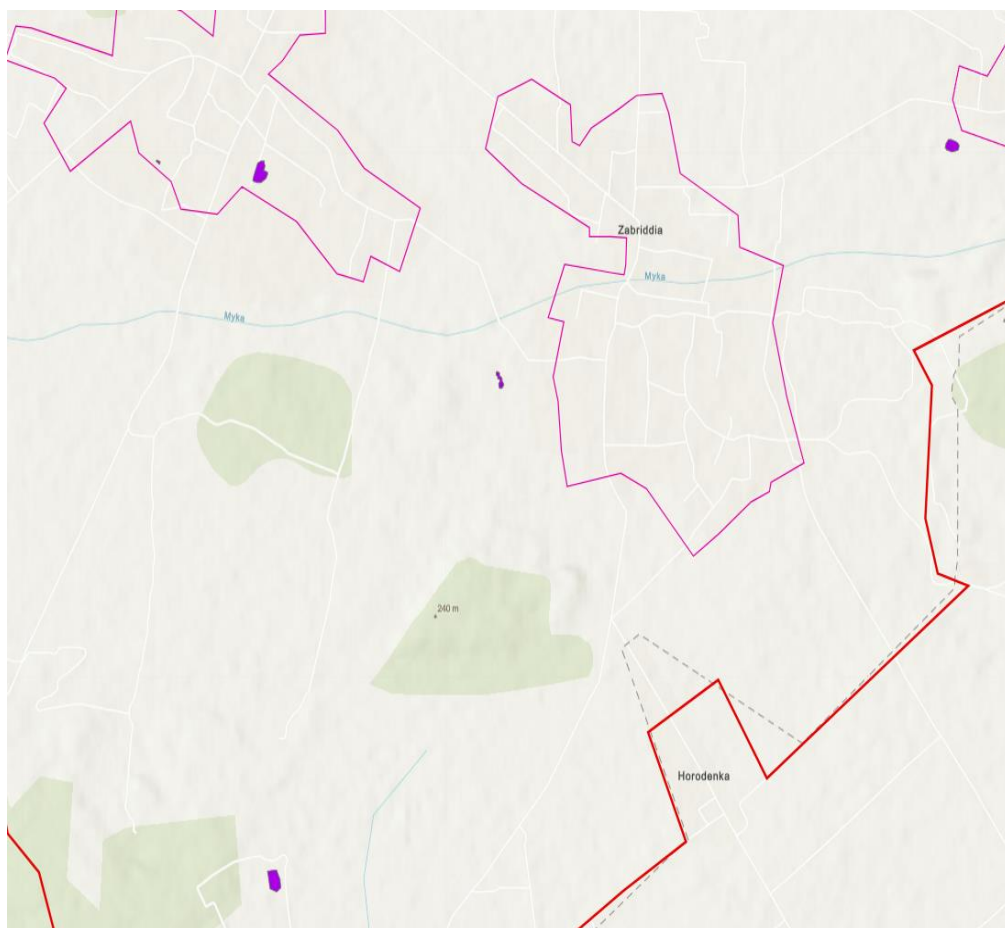


Рис. 4.27. Шар геопорталу «Тверді побутові відходи (полігони для утилізації твердих побутових відходів)»

Розділ «Суб'єкти господарювання». Наявність розділу геопорталу «Суб'єкти господарювання» дає можливість потенційним інвесторам вивчити конкурентне середовище сільської території, товарно-продуктовий напрям здійснення господарської діяльності потенційних конкурентів як юридичних, так і фізичних осіб (рис. 4.28). Відповідно до Господарського кодексу України суб'єктами господарювання визнаються учасники господарських відносин, які здійснюють господарську діяльність, реалізуючи господарську компетенцію (сукупність господарських прав та обов'язків), мають відокремлене майно і несуть відповідальність за своїми зобов'язаннями в

²⁰⁶ Technological aspects of energy-efficient high-quality cleaning of indoor air from harmful impurities / Adamchuk V., Dovbnenko O., Danik Y., Skydan O. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, № 4. P. 17–24.

межах цього майна, крім випадків, передбачених законодавством (ст. 55 ГК України)²⁰⁷.

В сфері економічної конкуренції суб'єкт господарювання – юридична особа незалежно від організаційно-правової форми та форми власності чи фізична особа, яка займається діяльністю з виробництва, реалізації, придбання товарів, іншою господарською діяльністю; будь-яка юридична або фізична особа, яка здійснює контроль над суб'єктами господарювання, група суб'єктів господарювання, якщо один або декілька з них здійснюють контроль над іншими.



Рис. 4.28. Структура розділу геопорталу «Суб'єкти господарювання»

Суб'єктами господарювання є: 1) господарські організації – юридичні особи, створені відповідно до Цивільного кодексу України, державні, комунальні та інші підприємства, створені відповідно до цього Кодексу, а також інші юридичні особи, які здійснюють господарську діяльність та зареєстровані в установленому законом порядку; 2) громадяни України, іноземці та особи без громадянства, які здійснюють господарську діяльність та зареєстровані відповідно до закону як підприємці.

Важливим елементом структури даних суб'єктів господарювання є наявність «Класифікація видів економічної діяльності» (КВЕД) – складова частина державної системи класифікації і кодування техніко-економічної та соціальної інформації в Україні. Така інформація дає можливість оперативно виявити напрями економічної діяльності потенційних конкурентів.

Юридичні особи. Юридична особа – організація, суб'єкт права, здатний від свого імені набувати майнових і особистих немайнових прав і нести обов'язки та самостійно брати участь у правовідносинах, бути позивачем та відповідачем у суді. В Україні організація визнається юридичною особою виключно після проведення її державної реєстрації та внесення до Єдиного державного реєстру.

Юридичні особи – групи людей, організації (наприклад, такі як корпорації), які розглядаються правом як окремі особи, суб'єкти права. У той

²⁰⁷ Господарський кодекс України. Відомості Верховної Ради України. 2003. № 18, № 19–20, № 21–22, ст. 144. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436-15#Text>

час, як люди набувають право суб'єктності при народженні, юридичні особи набувають її при створенні відповідно до закону. Юридична особа дозволяє одній або кільком фізичним особам (*universitas personarum*) діяти як єдине ціле (організація) в юридичних цілях. В багатьох юрисдикціях штучна персональність дозволяє такому утворенню розглядатися відповідно до закону окремо від його індивідуальних учасників (наприклад, в акціонерному товаристві – від його акціонерів)²⁰⁸. Вони можуть виступати позивачем і відповідачем у справі, укладати договори, набувати обов'язків та володіти власністю.

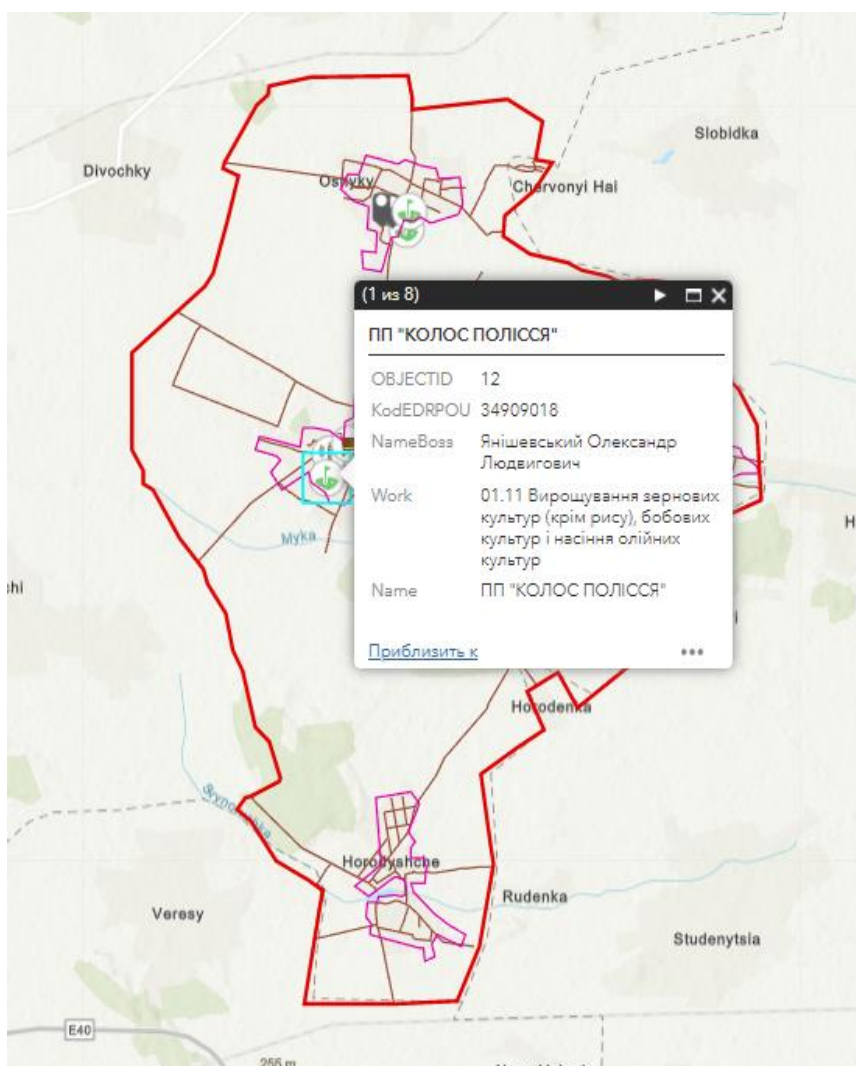


Рис. 4.29. Шар геопорталу «Юридичні особи»

²⁰⁸ Nykolyuk O., Pyvovar P., Zherybor L. The level of flexibility of agricultural enterprises in the Zhytomyr region. *Scientific Horizons*. 2019. № 12 (85). P. 3–14.

Фізичні особи. Фізична особа-підприємець – це юридичний статус, який засвідчує право особи на заняття підприємницькою діяльністю, а саме: самостійною, ініціативною, систематичною, на власний ризик господарською діяльністю, що здійснюється підприємцями з метою досягнення економічних і соціальних результатів та одержання прибутку (рис. 4.30).

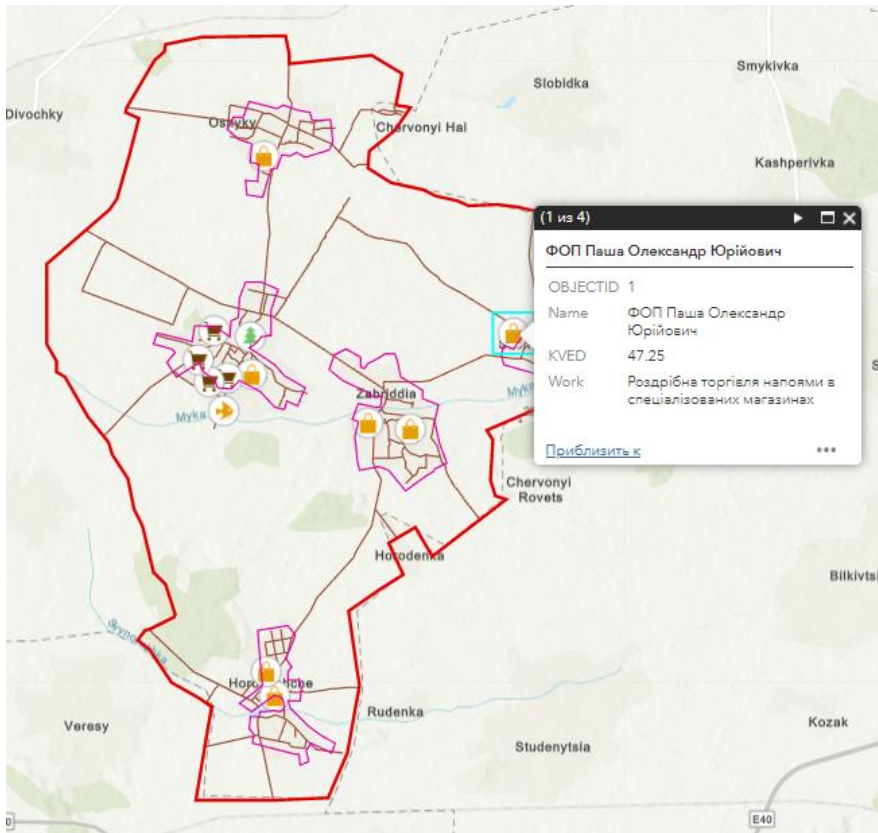


Рис. 4.30. Шар геопорталу «Фізичні особи»

Розділ «Соціальний блок». До соціальної сфери віднесено забезпечення розвитку демографічних процесів за рахунок таких елементів, як освіта, медицина, культура тощо. Не зважаючи на важливі соціально-економічні функції, які виконують сільські території (забезпечення людським капіталом міських поселень, постачання харчових продуктів міським поселенням, збереження культурної ідентичності) соціальна сфера села поступово занепадає.

До основних причин такого стану належать погіршення демографічної ситуації сільських територій, деградація виробничої бази та соціальної сфери села, скорочення економічного потенціалу за рахунок вибуття із сільськогосподарського обороту земель, відсутність чітких стратегічних

цілей і пріоритетів у соціально-економічному розвитку відповідних територій, низька привабливість і перспективність життя і роботи на селі.

Соціальна інфраструктура села, як і будь-якого іншого населеного пункту, складається з відповідного набору складових елементів: житлових приміщень та їх будівництва; об'єктів соціально-культурного призначення; закладів охорони здоров'я, освіти, торгівлі, сфери послуг, зв'язку; мережі об'єктів пасажирського транспорту та ін²⁰⁹. Характер функціонування цих елементів залежить від розмірів населеного пункту, місця його розташування (близькість сіл до великих міст, розміщення населених пунктів поблизу державного кордону), наявності важливих транзитних магістралей (наприклад, автодоріг державного значення), чисельності та вікового складу населення, яке проживає у них²¹⁰.

Наявність розділу геопорталу «Соціальний блок» дозволить потенційному інвестору оцінити наявний людський потенціал, стан медичного забезпечення, стан та наявність спортивних об'єктів (рис. 4.31). Також важливим елементом цього розділу є культурно-історичні об'єкти, які виконують подвійну функцію: 1) є потенційними інвестиційними об'єктами; 2) можуть стати так званим «магнітом» для туристів, які потребують і готові витратити на різного роду сервіси та послуги.



Рис. 4.31. Структура розділу геопорталу «Соціальний блок»

Інформація про населення є крайне важлива для інвестора, оскільки структура населення у розрізі вікових груп дає можливість сформулювати бачення щодо можливості забезпечення виробництва трудовими ресурсами. Динаміка чисельності населення формує потенційне бачення інвесторів про демографічні процеси, що відбуваються на сільських територіях: скорочення темпів природного відновлення населення (депопуляція); нарощення темпів

²⁰⁹ Assessment of the social security level in the context of coronavirus contagion (COVID-19) / Skydan O., Nykolyuk O., Pyvovar P., Topolnytskyi P. *Scientific Horizons*. 2020. № 6 (91). P. 7–18.

²¹⁰ Николок О. Competitiveness of agricultural enterprises in the context of sustainable development policy. *Management theory and studies for rural business and infrastructure development*. 2011. Vol. 26 (2). P. 177–185.

природного відновлення населення; стагнація тощо. Також важливим джерелом інформації є територіальний розподіл населення між населеними пунктами громади²¹¹. Для відображення вищепредставленої інформації використано один із програмних продуктів esri <https://insights.arcgis.com/> (рис. 4.32).

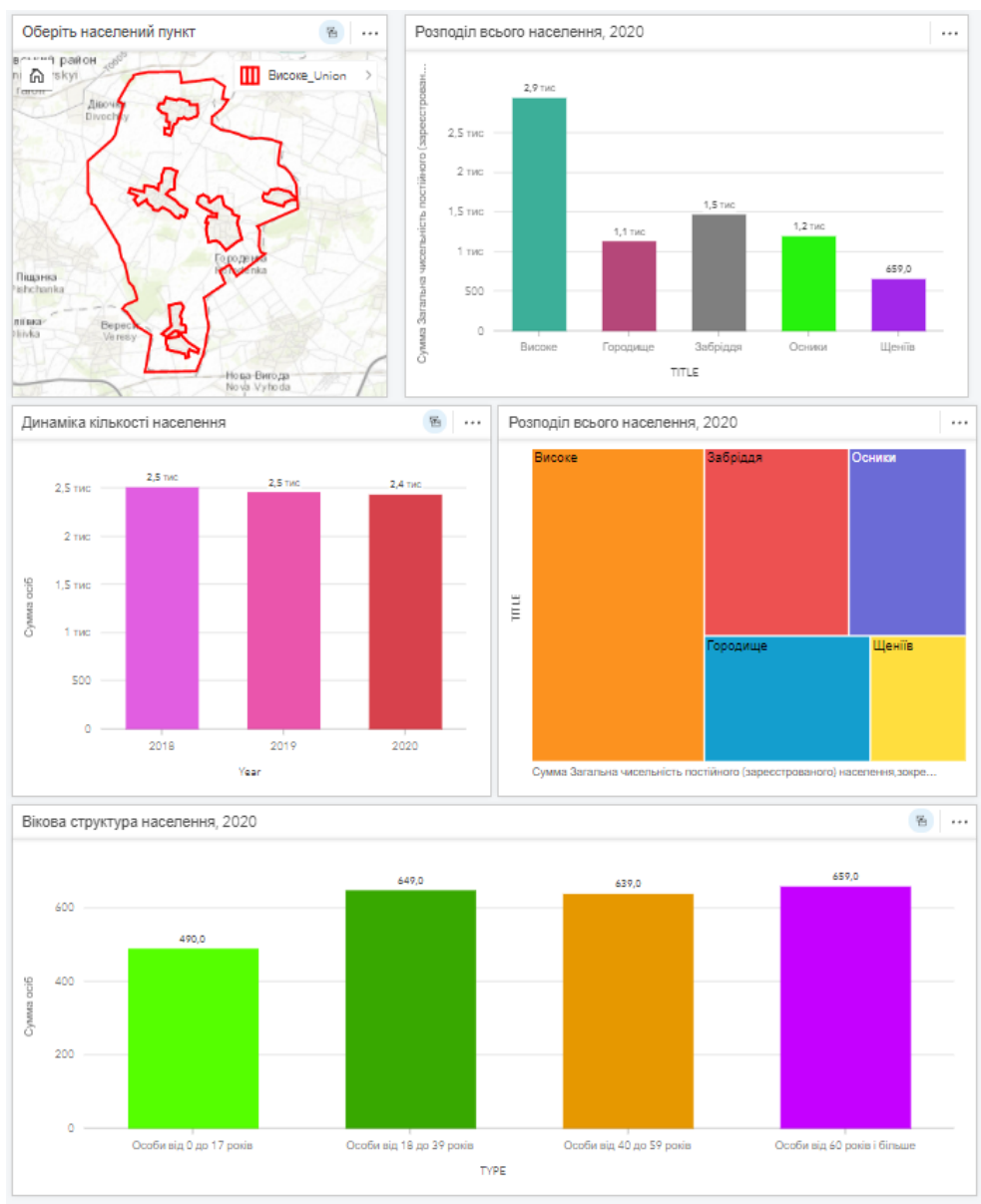


Рис. 4.32. Візуалізація інформації про населення громади за допомогою програмного забезпечення insights.arcgis.com

²¹¹ Lytvynchuk I., Skydan O., Ivaniuk O. Local governance and territorial development ON the basis OF GIS. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. 2020. Vol. 42 (4). P. 422–433.

Інші компоненти (шари), які відображають «Соціальний блок» геопорталу, було зібрано в один додаток, який включає в себе туристичні об'єкти, спортивні зали, фельдшерсько-акушерські пункти, лікарські амбулаторії (рис. 4.33)

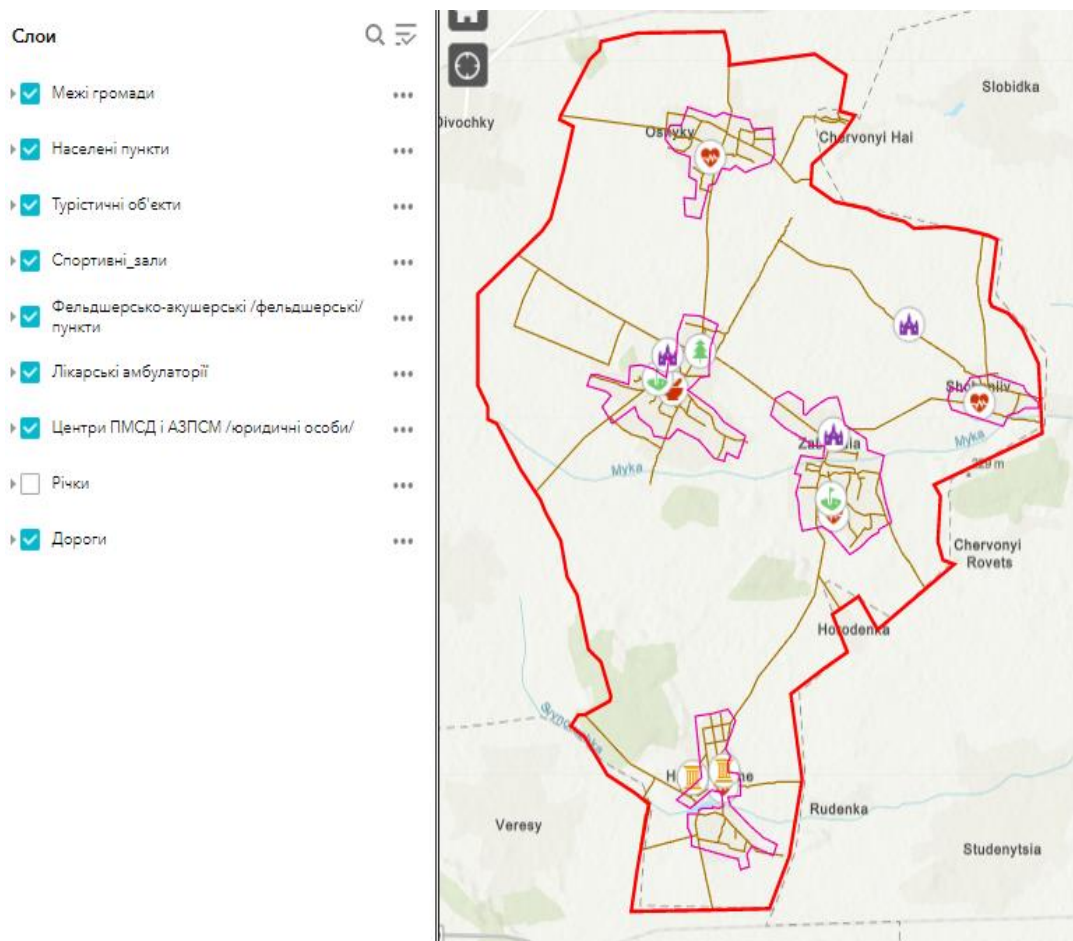


Рис. 4.33. Шари геопорталу «Соціальний блок»

Також ресурси геопорталу дають можливість відображати табличну інформацію за кожним шаром, що дає можливість вивчити основні характеристики (назви, типи, потужності, точні адреси) (рис. 4.34).

Розділ «Інвестиційні об'єкти». Інвестиційний проєкт – економічний або соціальний проєкт, що ґрунтується на інвестиціях; обґрунтування економічної доцільності, обсягу та строків здійснення прямих інвестицій у певний об'єкт, що включає проєктно-кошторисну документацію, розроблену згідно з чинними стандартами. Інвестиційний проєкт – обґрунтування економічної доцільності, обсягів та термінів здійснення капітальних

вкладень, при цьому необхідна проектно-кошторисна документація, а також опис практичних дій щодо реалізації інвестицій.

Name	Type
Давньоруське городище болотного типу	Археологічні об'єкти
"Житомирська стоянка" - стоянка первісних людей ашельської епохи, перших поселенців території України, нині пошезла під самовільною розроб	Археологічні об'єкти
Троїцька старослов'янська церква початку 20ст., була перетворена на клуб в 20-тих роках	Сакральні об'єкти
курганна-група-в-урочищі-"Високі-могили"	Сакральні об'єкти
Парк-пам'ятка в с.Високе	Природно-Заповідний Фонд (ПЗФ)
Дерев'яна церква в ім'я Святої Трійці (1861р)	Сакральні об'єкти

Туристичні об'єкти

Спортивний зал	Спортивна зала	hromada	addr_lab	name	type
Високівська гімназія	Високівської сільської ради	Високівська сільська ТГ	с.Забіріддя, вул. Черняхівська, буд. 3	Фельдшерсько-акушерські пункти (ФАП)	Первинна допомога
Черняхівського району	Житомирської області	Високівська сільська ТГ	с.Городище, вул. Студеницька, буд.8	Фельдшерсько-акушерські пункти (ФАП)	Первинна допомога
Спортивний зал	Спортивна зала	Високівська сільська ТГ	с.Осники, вул. Високівська, буд. 26	Фельдшерські пункти (ФП)	Первинна допомога
Забірідська ЗОШ І-ІІІ ступенів	Високівської сільської ради	Високівська сільська ТГ	с.Щеніїв, с. Щеніїв, вул. Поліщука, буд. 12а	Фельдшерські пункти (ФП)	Первинна допомога

Спортивні об'єкти

Медична інфраструктура

Рис. 4.34. Таблична інформація геопорталу «Соціальний блок»

Інвестиційні проекти поділяються на виробничі; науково-технічні; комерційні; фінансові; економічні; соціально-економічні. У комерційній практиці прийнято виділяти:

а) інвестиції у фінансові активи (реальні, капіталоутворюючі, виробничі інвестиції) – інвестиції у виробничі будівлі та споруди, будь-які види машин та обладнання на строк служби більше одного року;

б) інвестиції у грошові активи (портфельні інвестиції) – права на отримання грошових сум від інших юридичних чи фізичних осіб;

в) інвестиції в нематеріальні активи – витрати, не пов'язані з матеріальним втіленням, але мають економічну цінність. Можуть бути матеріалізовані у разі ліквідації підприємства, а також при злитті та поглинанні.

Враховуючи особливості децентралізації та розвитку громад України можна виділити наступні напрями інвестування:

1. Зростання економіки громади.

1.1. Розвиток малого і середнього бізнесу.

1.1.1. Створення сприятливого середовища для розвитку малого і середнього підприємництва в громаді.

1.1.2. Налагодження ефективної взаємодії та співпраці «бізнес – влада – громада».

1.1.3. Покращення доступності послуг, що надаються сільською радою.

1.1.4. Розвиток енергоефективності господарювання.

1.2. Формування позитивного інвестиційного іміджу громади:

1.2.1. Підготовка об'єктів для залучення інвестицій.

1.2.2. Розробка містобудівної документації.

1.2.3. Популяризація інвестиційних можливостей громади.

1.3. Популяризація громади.

1.3.1. Брендування громади.

1.3.2. Інформаційна пропозиція громади.

2. Покращення якості життя населення.

2.1. Розбудова інфраструктури.

2.1.1. Покращення стану дорожнього покриття в населених пунктах громади.

2.1.2. Покращення інфраструктури водопостачання.

2.1.3. Забезпечення населених пунктів доступністю до мережі Інтернет.

2.2. Підвищення якості надання послуг.

2.2.1. Забезпечення умов для розвитку освітнього простору.

2.2.2. Підвищення рівня надання медичних, соціальних та культурних послуг.

2.2.3. Забезпечення умов для змістовного дозвілля та підтримка здорового способу життя жителів громади.

2.3. Безпечна громада.

2.3.1. Підвищення рівня безпеки на території громади.

2.3.2. Забезпечення екологічної безпеки та захисту навколишнього середовища.



Рис. 4.35. Структура розділу геопорталу «Інвестиційні об'єкти»

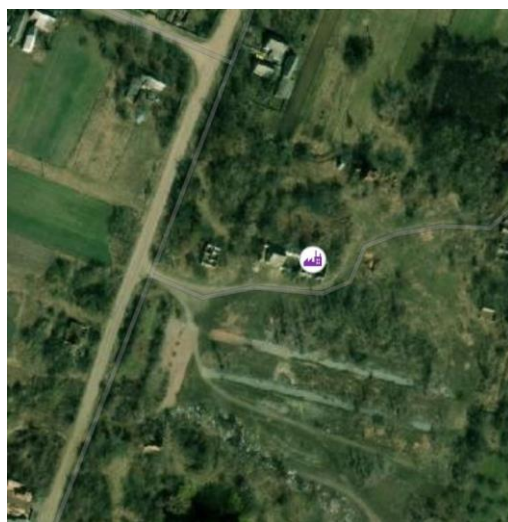
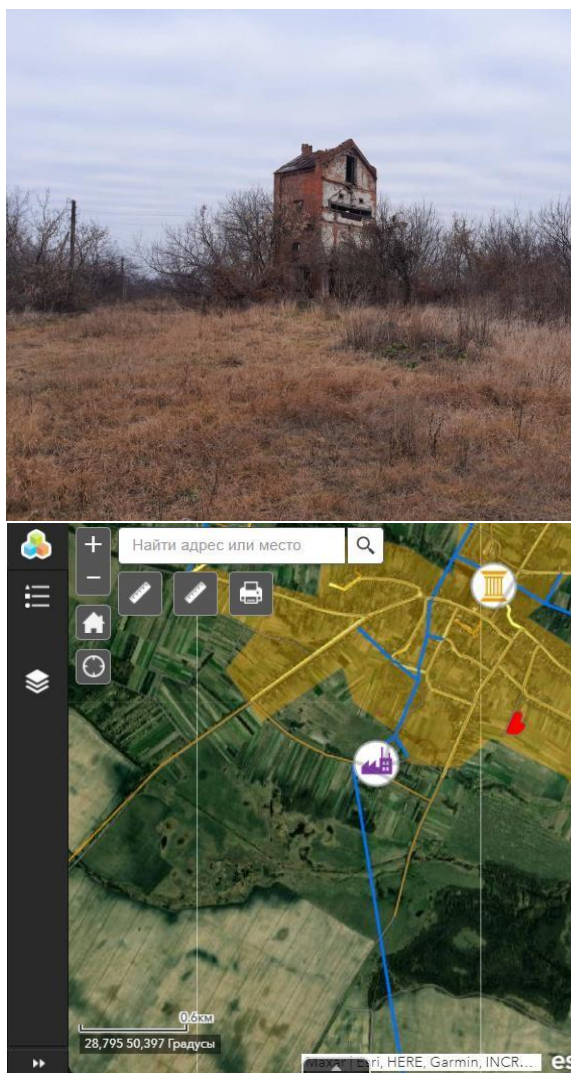
Більшість представлених завдань можна вирішити за допомогою розробки геоінвестиційного порталу громади із представленням інвестиційних проєктів громади. Підготовлено та представлено наступні три інвестиційні проєкти:

Інвестиційний об'єкт №1: «Господарський двір»

Інвестиційний об'єкт №2: «Штучний острів»

Інвестиційний об'єкт №3: «Майстерня»

Інвестиційний об'єкт №4: «Кар'єр»



До 5 га землі

Можливе використання для господарської діяльності різного характеру.

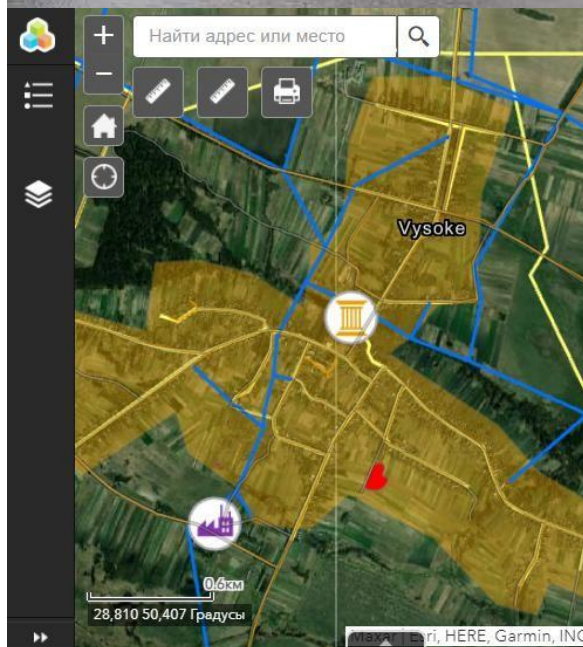
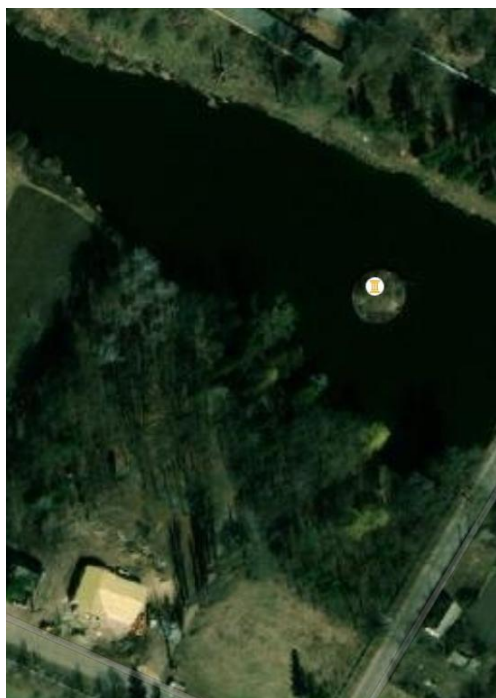
В наявності:

1. Електромережа.
2. Сverdlovina.
3. Газова мережа.

Рис. 4.36. Інвестиційний об'єкт №1 «Господарський двір»

Інвестиційний об'єкт №1 «Господарський двір» розміщений на півдні села Осники (загальне населення 398 особи, 208 – працездатного віку). Об'єкт знаходиться за 250 м від точки газопостачання, за 60 м знаходиться точка під'єднання до електромережі. До об'єкта проходить польова дорога

200 м, яка входить в асфальтовану сільську дорогу. За 2 км від об'єкта знаходиться полігон твердих побутових відходів. Об'єкт знаходиться в напівзруйнованому стані.



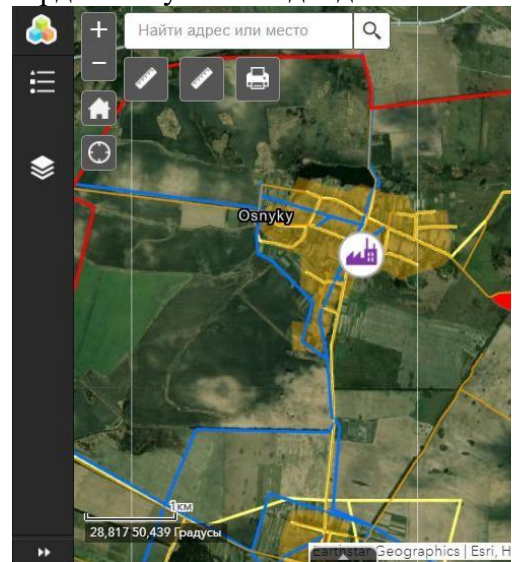
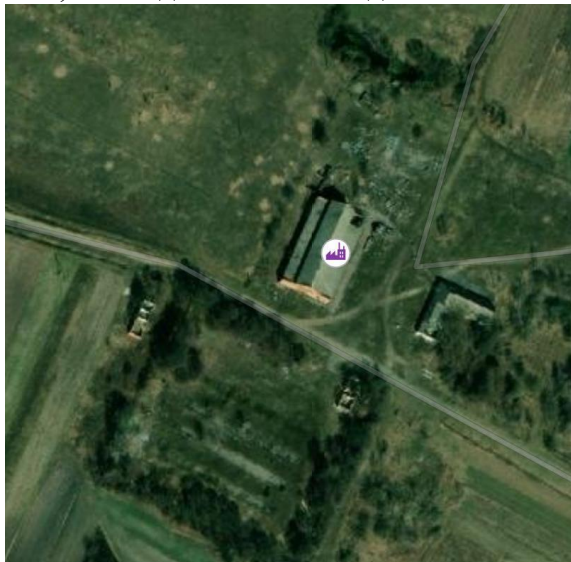
«Острів на ставу»

6,5 га землі

Парк пам'ятка місцевого значення
«Високівський»

Рис. 4.37. Інвестиційний об'єкт №2 «Штучний острів»

Інвестиційний об'єкт № 2 «Штучний острів» розміщений в центрі с. Високе (Парк є пам'яткою місцевого значення «Високівський»). Об'єкт знаходиться за 150 м від точки газопостачання, за 230 м знаходиться точка під'єднання до електромережі. Об'єкт знаходиться по середині водного об'єкта – відстань по воді 70 м. Біля об'єкта проходить асфальтована дорога. За 1,6 км від об'єкта знаходиться полігон твердих побутових відходів.



6 га землі за межами населеного пункту з дотриманням санітарних норм для виробництва.

Рис. 4.38. Інвестиційний об'єкт №3 «Майстерня»

Інвестиційний об'єкт №3 «Майстерня» розміщений в с. Високе (загальне населення 974 особи, 553 – працездатного віку). Об'єкт знаходиться за 380 м від точки газопостачання, за 30 м знаходиться точка під'єднання до електромережі. До об'єкта проходить польова дорога 350, яка входить в асфальтовану сільську дорогу. За 1,1 км від об'єкта знаходиться полігон твердих побутових відходів. Об'єкт потребує ремонту відповідно до майбутніх виробничих цілей.

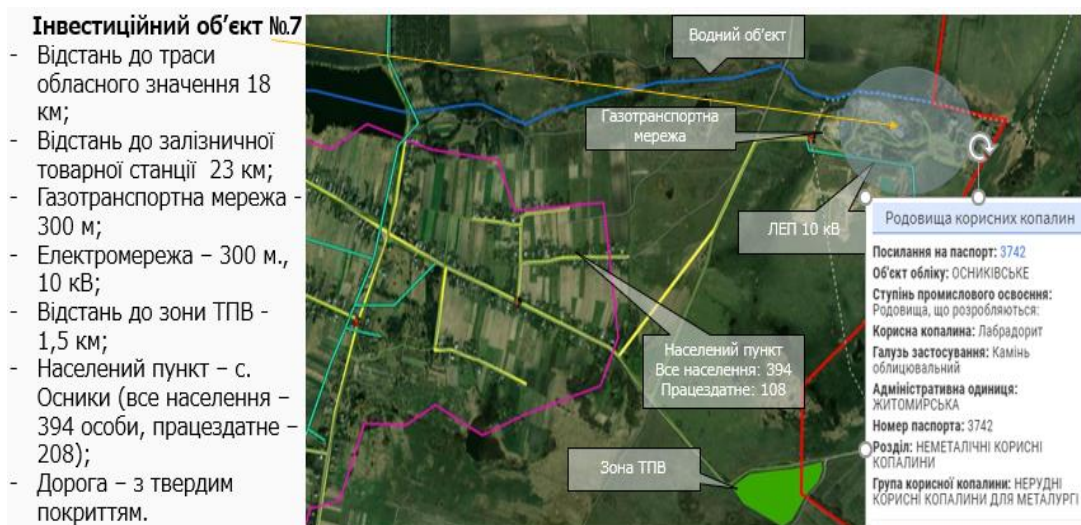


Рис. 4.39. Інвестиційний об'єкт №4 «Кар'єр»

Інвестиційний об'єкт №4 «Кар'єр» розміщений на північ-схід від села Осники (загальне населення 398 особи, 208 – працездатного віку). Об'єкт знаходиться за 50 м від точки газопостачання, за 50 м знаходиться точка під'єднання до електромережі. До об'єкта проходить польова дорога 1200 м, яка входить в асфальтовану сільську дорогу. За 2,6 км від об'єкта знаходиться полігон ТПВ. Об'єкт знаходиться в закинутому стані.

Розділ «Екологічний паспорт громади». Для формування екологічного паспорта громади використано дані інструменту місії Sentinel-5 Precursor, які є корисні для оцінки якості навколишнього середовища через повітря. Інструмент обладнаний приладом TROPOMI, що являє собою мультиспектральний датчик, який реєструє відбиття довжин хвиль, важливих для вимірювання концентрації озону, метану, формальдегіду, аерозолі, оксиду вуглецю, оксиду азоту та діоксиду сірки, з просторовою роздільною здатністю 0,01 дугового градуса.

Аерозольний індекс. Наявність аерозольних частин в атмосфері ідеально підходить для відстеження еволюції епізодичних аерозольних шлейфів від спалахів пилу, вулканічного попелу та спалювання біомаси. Цей набір даних забезпечує автономне зображення високої роздільної здатності УФ-аерозольного індексу (UVAI), також званого індексом поглинаючого аерозолі (AAI). AAI заснований на змінах релєвського розсіювання в УФ-спектральному діапазоні для пари довжин хвиль, що залежать від довжини хвилі. Різниця між спостережуваним і змодельованим коефіцієнтом відбиття призводить до AAI. Коли AAI позитивний, це вказує на наявність аерозолів, що поглинають УФ, таких як пил і дим.

Використані довжини хвиль мають дуже низьке поглинання озону, тому, на відміну від вимірювань оптичної товщини аерозолі, AAI можна

розрахувати за наявності хмар. Таким чином, можливе щоденне глобальне покриття. Для цього продукту L3 AER_AI індекс `absorbing_aerosol_index` розраховується за допомогою пари вимірювань на довжинах хвиль 354 нм і 388 нм.

При вивченні наявності аерозольних частинок над територією Високівської громади було зафіксовано від'ємні значення цього показника, що свідчить про відсутність аерозольного забруднення території громади. Але в період з 15.12.2020 р. до 10.01.2021 р. зафіксовано незначне його збільшення. Також в період збиральних осінньо-польових сільськогосподарських робіт (серпень-жовтень) спостерігалась незначна наявність аерозольних частинок у повітрі за рахунок спалювання сільськогосподарських решток (рис. 4.40).

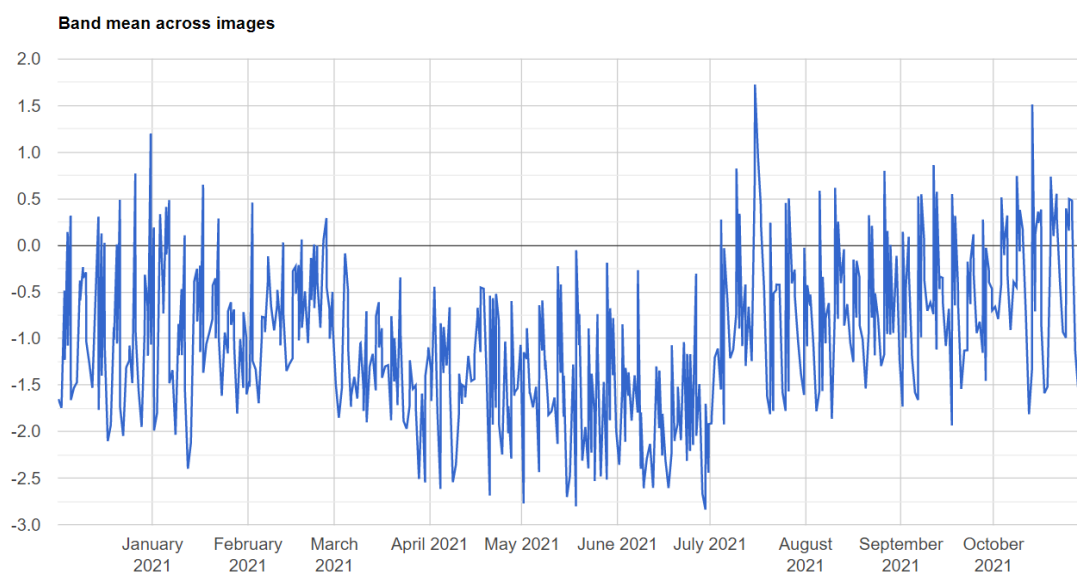


Рис. 4.40. Динаміка наявності аерозольних частинок в повітрі над територією Високівської громади

Отримані дані з хабу Copernicus дозволяють отримати інформацію про наявність аерозольних частинок у повітрі з роздільною здатністю 200 м/піксель (рис. 4.41). Отримані дані свідчать про наявність забруднюючих об'єктів на півночі громади та їх появу у 2021 р. на півдні. Східна та центральна частини громади характеризуються меншою часткою наявності аерозолію в повітрі.

Проведений порівняльний аналіз результатів забруднення аерозольними частинами території громади у співвідношенні з середнім по Житомирському району, Житомирській області та Україною в цілому (табл. 4.5, рис. 4.42) дає можливість стверджувати про сприятливий стан повітря в на території громади.

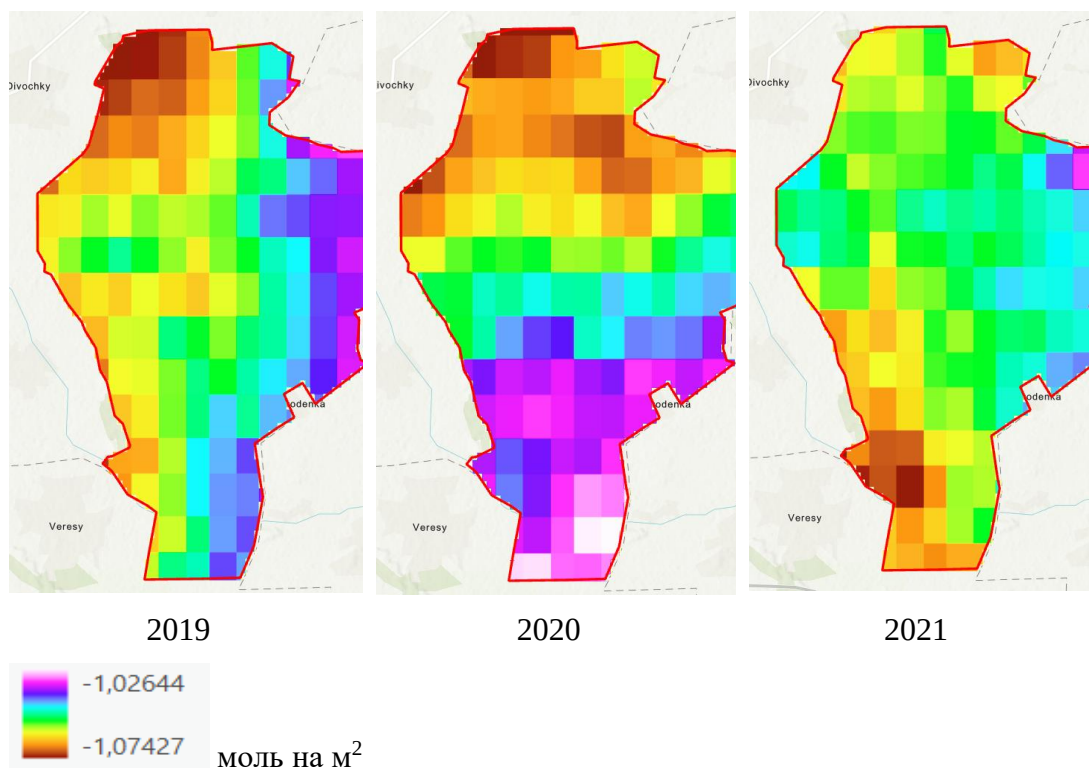


Рис. 4.41. Візуалізація наявності аерозольних частин в повітрі над територією Високівської громади

Таблиця 4.5 – Порівняльна характеристика наявності аерозольних часток в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

Адміністративний рівень	Рік	min	max	Середнє за рік	Середньоквадратичне відхилення
Україна	2019	-1,396	-0,3635	-1,0965	0,0697
	2020	-1,6324	-0,3467	-1,2883	0,1202
	2021	-1,3546	-0,259	-1,0546	0,0668
Житомирська область	2019	-1,1724	-0,9649	-1,0852	0,0281
	2020	-1,3446	-1,1423	-1,2627	0,0277
	2021	-1,1838	-0,8968	-1,042	0,0522
Житомирський район	2019	-1,1724	-0,9649	-1,0798	0,0294
	2020	-1,3446	-1,1647	-1,2624	0,0276
	2021	-1,1672	-0,8968	-1,0179	0,0441
Високівська громада	2019	-1,0743	-1,0264	-1,0527	0,0098
	2020	-1,2713	-1,2038	-1,2343	0,0147
	2021	-0,9866	-0,9316	-0,9664	0,0084

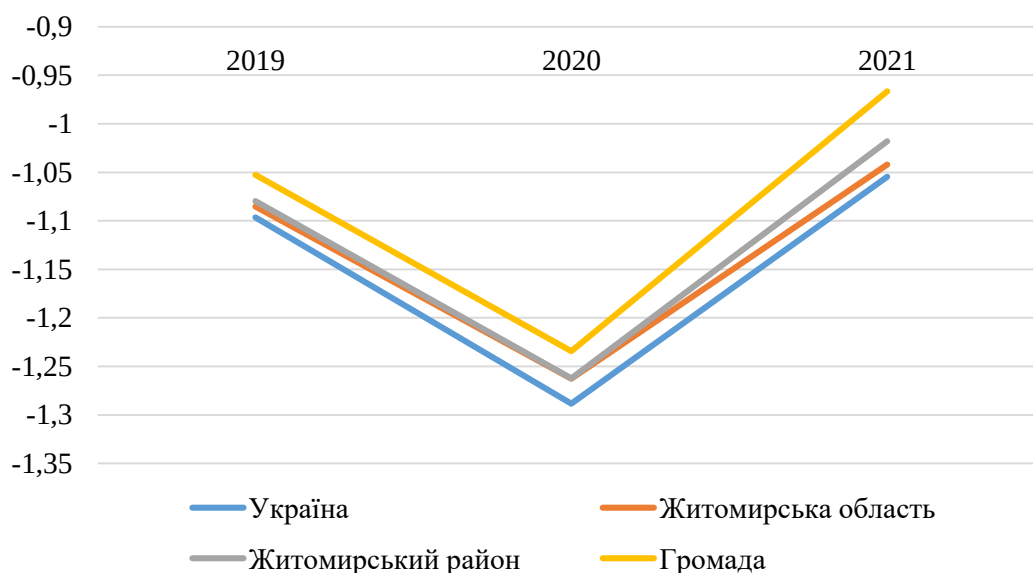


Рис. 4.42. Динаміка наявності аерозольних часток в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

Окис вуглецю. Концентрація оксиду вуглецю (CO) є важливим атмосферним слідовим газом для розуміння стану забруднення навколишнього середовища. Основними джерелами CO є спалювання викопного палива, біомаси та атмосферне окислення метану й інших вуглеводнів. Цей набір даних забезпечує автономне зображення з високою роздільною здатністю концентрацій CO. У деяких районах він є основним забруднювачем атмосфери.

У той час як спалювання викопного палива є основним джерелом CO в північних середніх широтах, окислення ізопрену та спалювання біомаси відіграють важливу роль у тропіках. TROPOMI на супутнику Sentinel 5 Precursor (S5P) спостерігає за глобальною кількістю вуглекислого газу, використовуючи вимірювання яскравості Землі в ясному та хмарному небі у діапазоні 2,3 мкм короткохвильової інфрачервоної (SWIR) частини сонячного спектру. Спостереження за чистим небом TROPOMI забезпечують високу надійність вимірювання загального вмісту CO₂ до прикордонного шару тропосфери.

При вивченні наявності аерозольних частин над територією Високівської громади зафіксовано низькі значення цього показника, що свідчить про відсутність забруднення окисом вуглецю території громади. Але в період зими 2020-2021 рр. та липня-вересня 2021 р. зафіксовано незначне збільшення рівня забруднення, що потребує більш детального вивчення для пошуку факторів розвитку таких процесів (рис. 4.43).

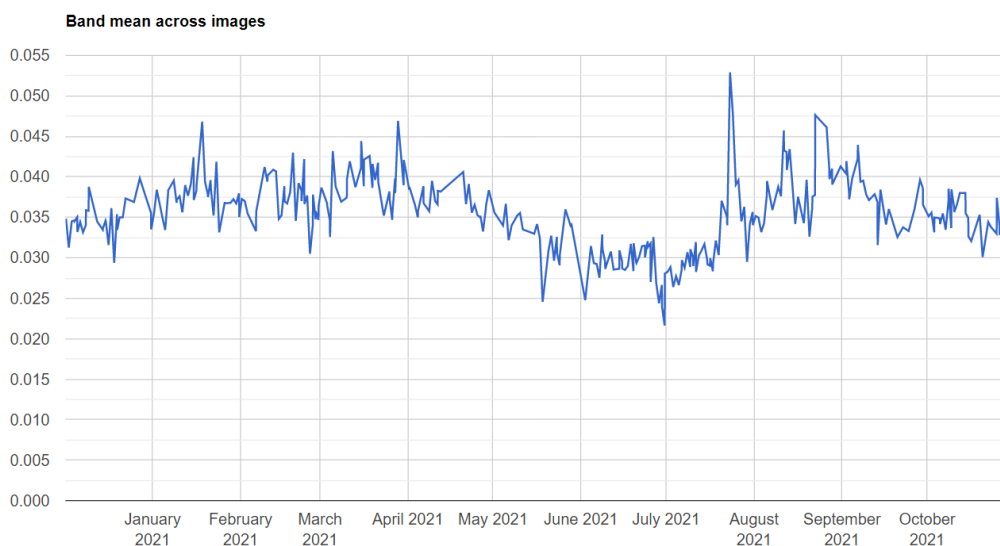


Рис. 4.43. – Динаміка наявності окису вуглецю в повітрі над територією Високівської громади

Дані з хабу Copernicus дозволяють отримати інформацію про наявність окису вуглецю в повітрі над територією Високівської громади (рис. 4.44). Дані свідчать про міграцію забруднюючих об'єктів на півночі громади.

Таблиця 4.6 – Порівняльна характеристика наявності окису вуглецю в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

Адміністративний рівень	Рік	min	max	Середнє за рік	Середньоквадратичне відхилення
Україна	2019	0,0245	0,0375	0,0329	0,0011
	2020	0,0251	0,0371	0,0336	0,0012
	2021	0,0263	0,0405	0,0356	0,0013
Житомирська область	2019	0,0318	0,0339	0,0328	0,0004
	2020	0,0323	0,0358	0,0335	0,0005
	2021	0,0345	0,0365	0,0355	0,0003
Житомирський район	2019	0,0319	0,0336	0,0327	0,0003
	2020	0,0324	0,0345	0,0334	0,0004
	2021	0,0346	0,0364	0,0355	0,0003
Високівська громада	2019	0,0326	0,0329	0,0328	0,0001
	2020	0,0333	0,0337	0,0335	0,0001
	2021	0,0353	0,0357	0,0355	0,0001

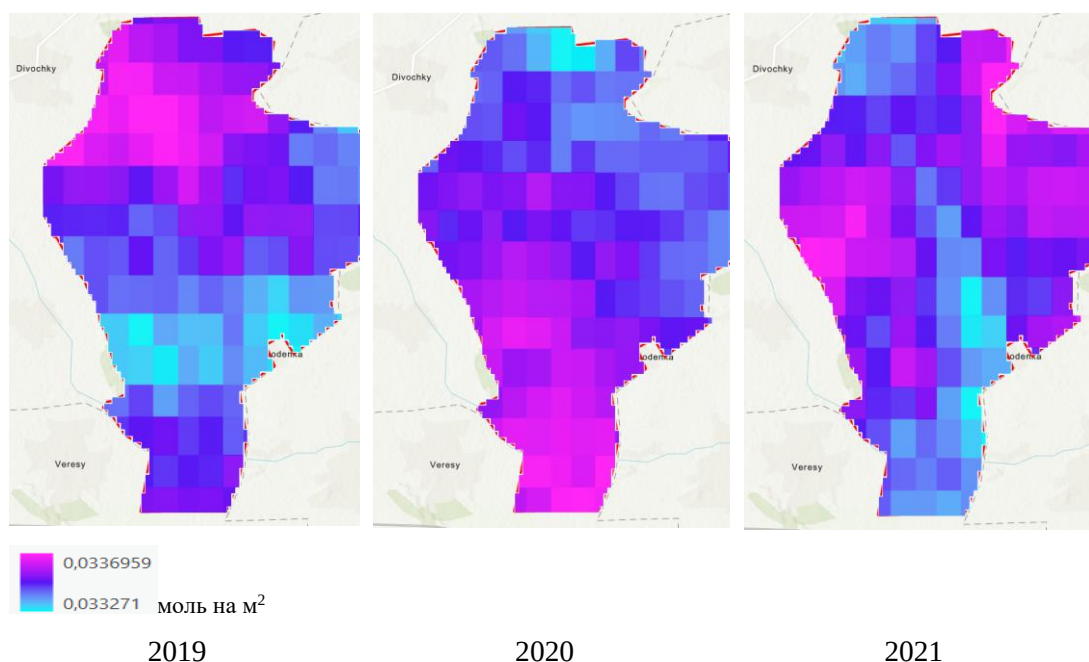


Рис. 4.44. Візуалізація наявності окису вуглецю в повітрі над територією Високівської громади

Також проведений порівняльний аналіз результатів забруднення окисом вуглецю повітря території громади у співвідношенні із середнім по Житомирському району, Житомирській області та Україною в цілому (табл. 4.6, рис. 4.45). Його результати дають можливість стверджувати про менший рівень забруднення, ніж в середньому по Україні, але більший, ніж в Житомирській області, що пов'язано із малою площею лісів на території громади.

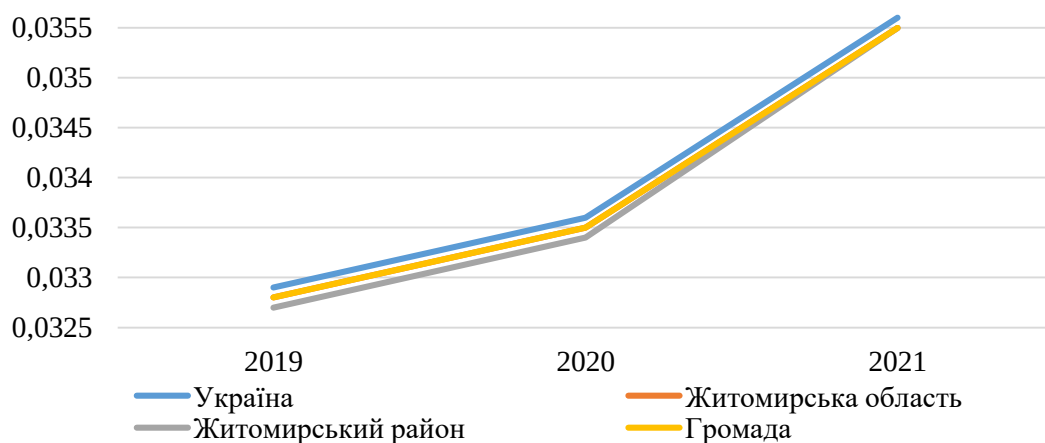


Рис. 4.45. Динаміка наявності окису вуглецю в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

Формальдегід. Формальдегід є проміжним газом майже у всіх ланцюгах окислення неметанових летких органічних сполук (НМЛОС), що в кінцевому підсумку призводить до збільшення концентрації CO_2 . Його джерела включають рослинність, пожежі, транспорт і промисловість. Цей набір даних забезпечує автономне зображення високої роздільної здатності концентрацій атмосферного формальдегіду (НСНО).

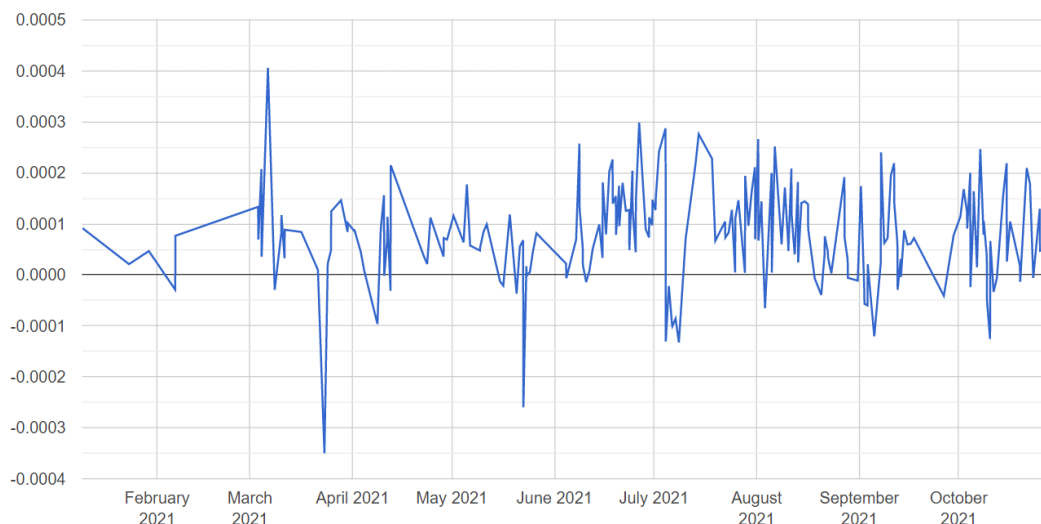


Рис. 4.46. Динаміка наявності формальдегіду в повітрі над територією Високівської громади

Неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС) разом з NO_x , CO та CH_4 є одними з найважливіших попередників тропосферного O_3 .

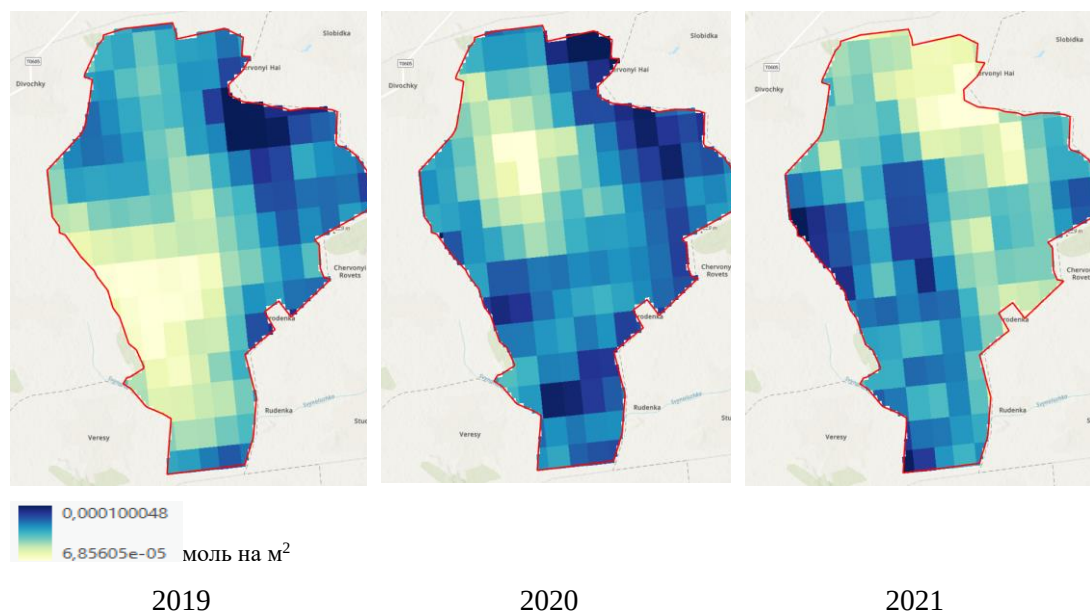


Рис. 4.47. Візуалізація наявності формальдегіду в повітрі над територією Високівської громади

Основним джерелом НСНО у віддаленій атмосфері є CH_4 окислення. Сезонні та міжрічні коливання розподілу формальдегіду в основному пов'язані зі змінами температури та пожежами, а також із змінами антропогенної діяльності. Концентрації НСНО в прикордонному шарі можуть бути безпосередньо пов'язані з виділенням короткоживучих вуглеводнів, які здебільшого неможливо спостерігати безпосередньо з космосу.

Концентрація формальдегіду в повітрі над територією Високівської громади є незначною на рівні Житомирської області та району, але меншою, ніж в середньому по Україні.

Діоксид азоту. Діоксид азоту потрапляє в атмосферу в результаті антропогенної діяльності людини (зокрема спалювання викопного палива і спалювання біомаси) і природних процесів (пожежі, блискавки, мікробіологічні процеси в ґрунтах). Цей набір даних забезпечує автономне зображення з високою роздільною здатністю концентрацій NO_2 . Оксиди азоту (NO_2 і NO) є важливими слідовими газами в атмосфері Землі, які присутні як у тропосфері, так і в стратосфері. Система обробки TROPOMI NO_2 базується на розробках алгоритму для продукту DOMINO-2 та ЄС QA4ECV NO_2 повторно оброблений набір даних для OMI і був адаптований для TROPOMI.

Таблиця 4.7 – Порівняльна характеристика наявності формальдегіду в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

Адміністративний рівень	Рік	min	max	Середнє за рік	Середньоквадратичне відхилення
Україна	2019	0	0,0002	0,0001	0
	2020	0	0,0002	0,0001	0
	2021	0	0,0002	0,0001	0
Житомирська область	2019	0	0,0001	0,0001	0
	2020	0	0,0001	0,0001	0
	2021	0	0,0001	0,0001	0
Житомирський район	2019	0	0,0001	0,0001	0
	2020	0	0,0001	0,0001	0
	2021	0	0,0001	0,0001	0
Високівська громада	2019	0,0001	0,0001	0,0001	0
	2020	0,0001	0,0001	0,0001	0
	2021	0,0001	0,0001	0,0001	0

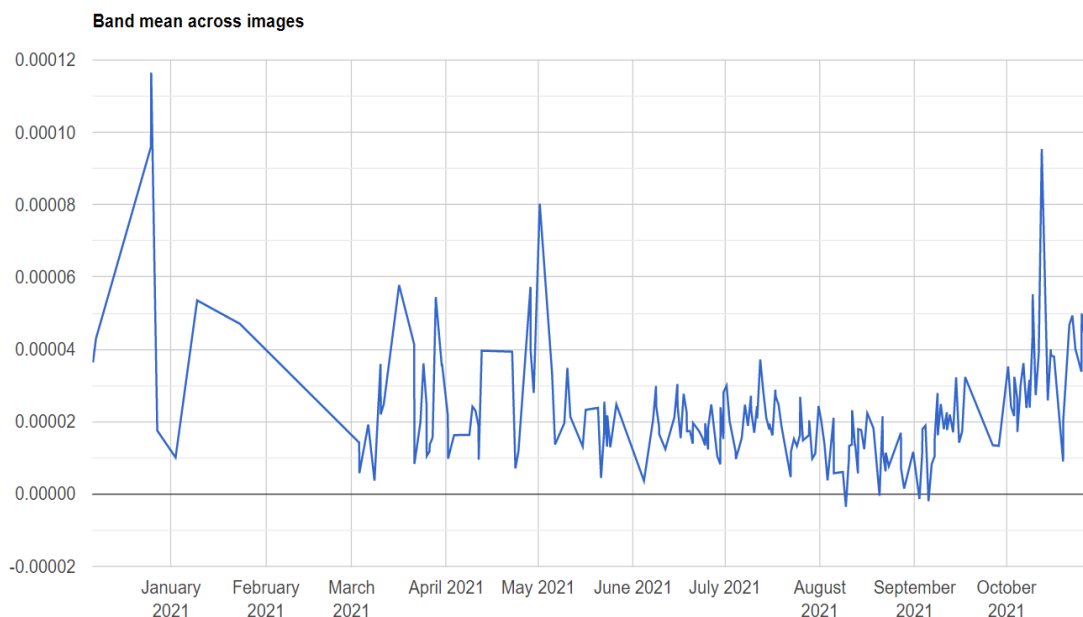


Рис. 4.48. Динаміка наявності діоксиду азоту в повітрі над територією Високівської громади

Концентрація діоксиду азоту в повітрі над територією Високівської громади є незначною (близькою до 0), на рівні середнього по Житомирській області, району та Україні.

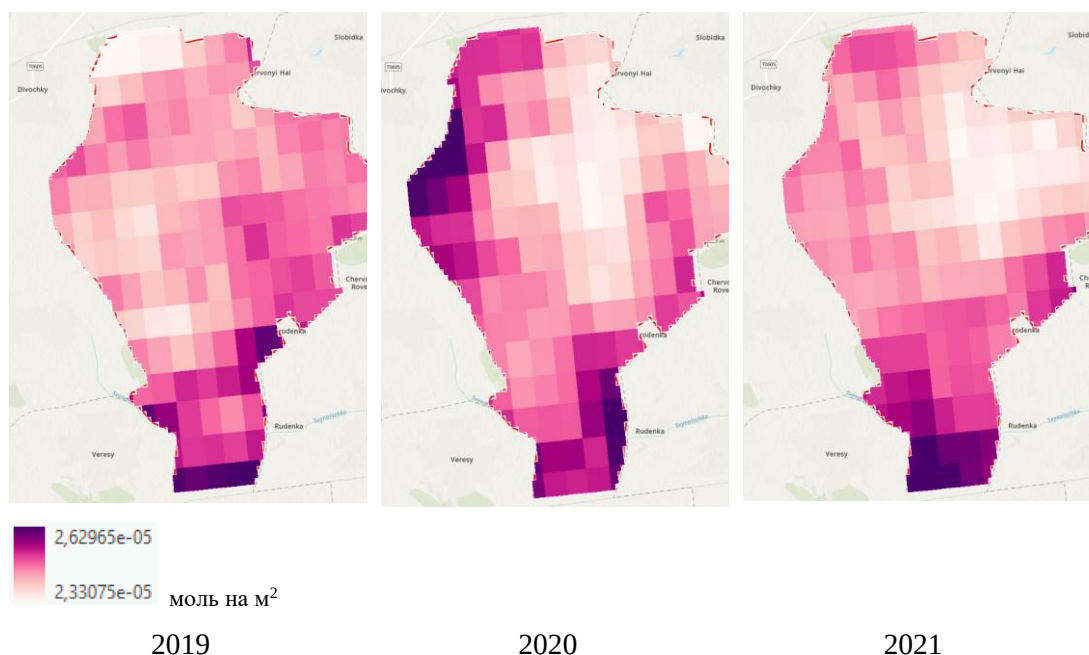


Рис. 4.49. Візуалізація наявності діоксиду азоту в повітрі над територією Високівської громади

Таблиця 4.8 – Порівняльна характеристика наявності діоксиду азоту в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

Адміністративний рівень	Рік	min	max	Середнє за рік	Середньоквадратичне відхилення
Україна	2019	0	0,0001	0	0
	2020	0	0,0001	0	0
	2021	0	0,0001	0	0
Житомирська область	2019	0	0	0	0
	2020	0	0	0	0
	2021	0	0	0	0
Високівська громада	2019	0	0	0	0
	2020	0	0	0	0
	2021	0	0	0	0

Озон. Загальна концентрація озону в стовпі атмосфери захищає біосферу від сонячного ультрафіолетового випромінювання. У тропосфері він діє як ефективний очисний засіб, але у високих концентраціях він також стає шкідливим для здоров'я людей, тварин і рослинності. Озон також є важливим парниковим газом, який сприяє постійним змінам клімату. Цей набір даних забезпечує автономне зображення високої роздільної здатності загальної концентрації озону в стовпці. З моменту відкриття озонної діри в Антарктиці в 1980-х рр. і подальшого Монреальського протоколу, що регулює виробництво хлорвмісних озоноруйнівних речовин, озон постійно контролювався як із землі, так і з космосу.

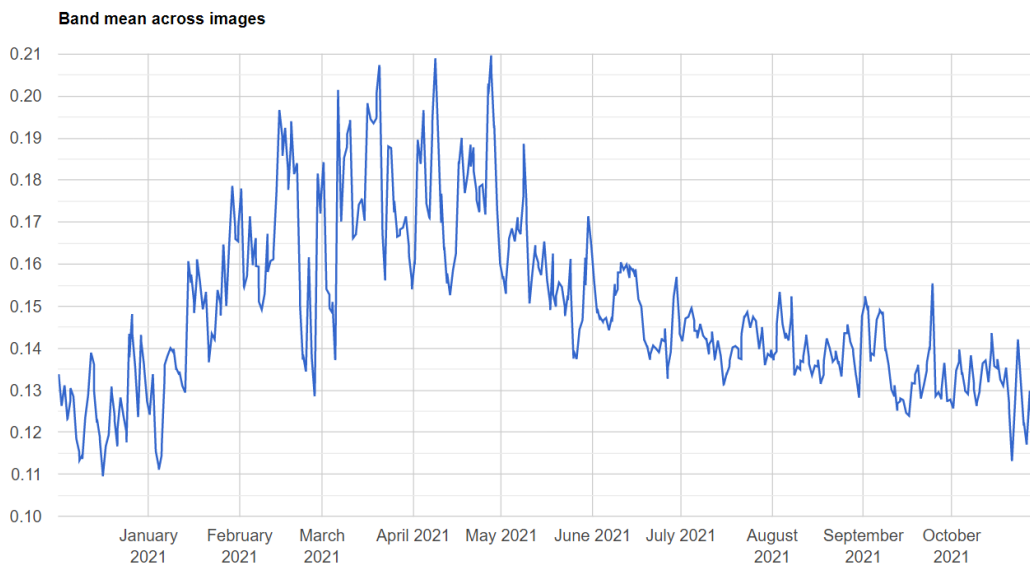
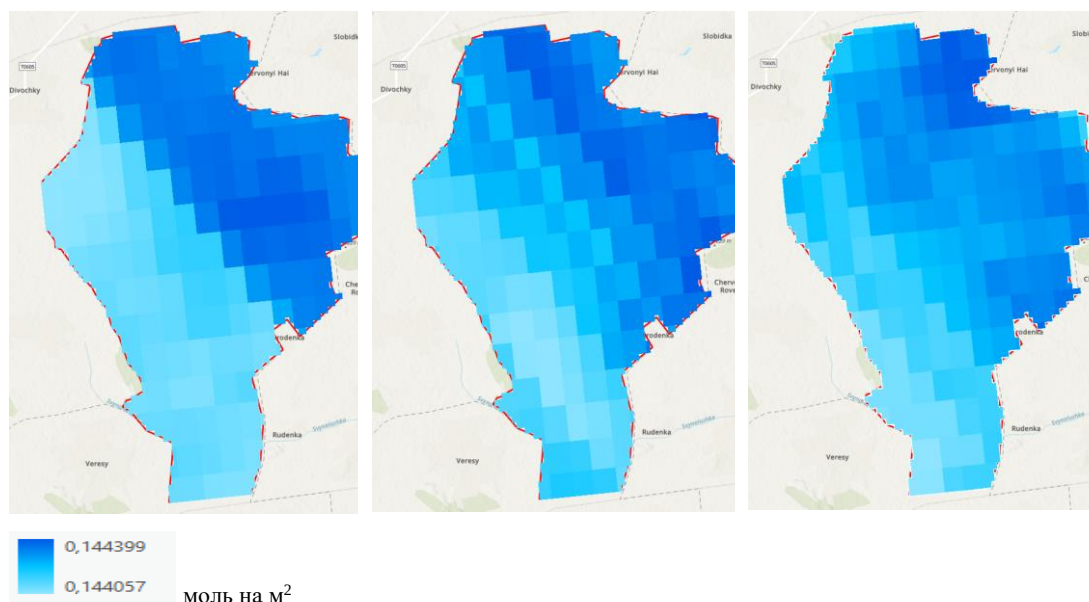


Рис. 4.50. Динаміка наявності озону в повітрі над територією Високівської громади



2019

2020

2021

Рис. 4.51. Візуалізація наявності озону в повітрі над територією Високівської громади

Таблиця 4.9 – Порівняльна характеристика наявності озону в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

Адміністративний рівень	Рік	min	max	Середнє за рік	Середньоквадратичне відхилення
Україна	2019	0,1423	0,1481	0,1462	0,0008
	2020	0,14	0,1455	0,144	0,0008
	2021	0,1478	0,1529	0,1514	0,0008
Житомирська область	2019	0,1462	0,1473	0,1467	0,0002
	2020	0,1433	0,1446	0,1441	0,0002
	2021	0,1511	0,1527	0,1518	0,0003
Житомирський район	2019	0,1462	0,1473	0,1467	0,0002
	2020	0,1433	0,1445	0,144	0,0002
	2021	0,1511	0,1522	0,1517	0,0002
Високівська громада	2019	0,1468	0,1472	0,147	0,0001
	2020	0,1441	0,1444	0,1442	0,0001
	2021	0,1519	0,1522	0,152	0,0001

Отримані дані за 2020 р. свідчать про збільшення концентрації озону над територією громади протягом весняного періоду. Концентрація озону над територією громади за останніх три роки зменшується, причому в північно-східному районі громади вона більша. Також порівняльний аналіз свідчить, що концентрація озону в атмосфері над територією громади є більшою, ніж в середньому в Житомирському районі, області та в Україні (рис. 4.52 та табл. 4.9).

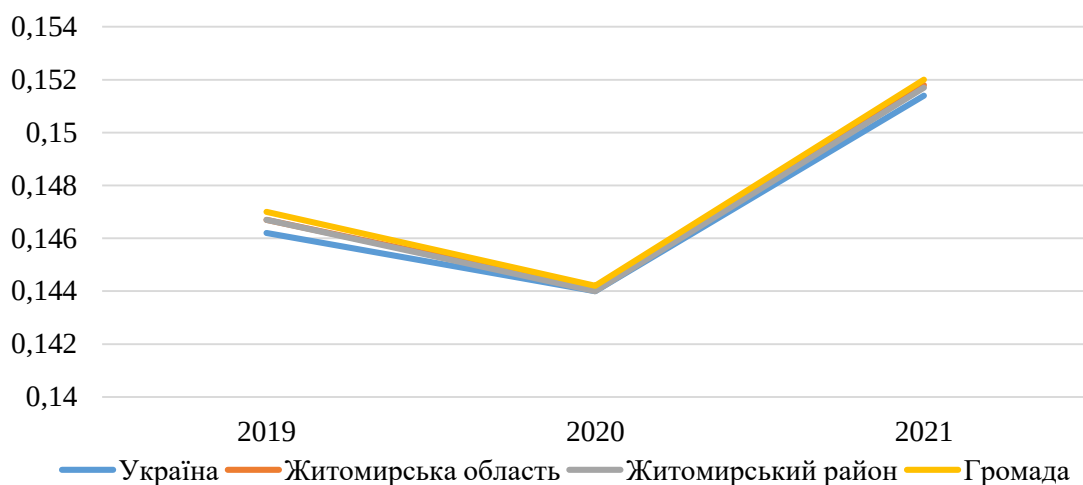


Рис. 4.52. Динаміка наявності озону в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

Діоксид сірки. Концентрація діоксиду сірки (SO_2) потрапляє в атмосферу Землі за рахунок як природних (лише близько 30% викидів SO_2 надходить із природних джерел), так і антропогенних процесів, хоча більшість має антропогенне походження.

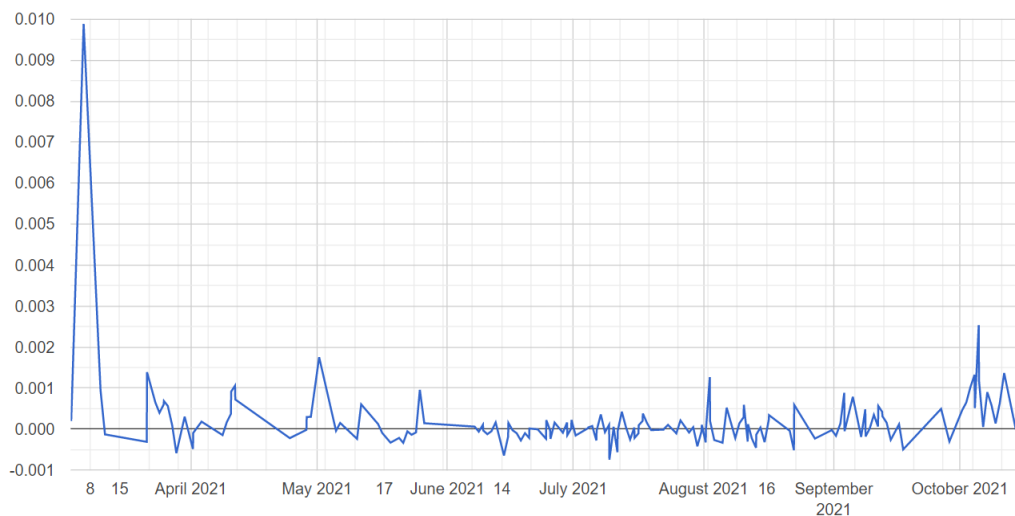


Рис. 4.53. Динаміка наявності діоксиду сірки в повітрі над територією Високівської громади

Викиди SO_2 негативно впливають на здоров'я людей і якість повітря, а також на клімат через радіаційний вплив. SO_2 впливає на клімат за рахунок радіаційного впливу через утворення сульфатних аерозолів. Концентрація діоксиду сірки в атмосфері над територією громади є незначною і її середній рівень дорівнює середньому по району, області та України в цілому. Хоча, заслуговує на увагу пікове зростання діоксиду сірки у березні 2021 р.

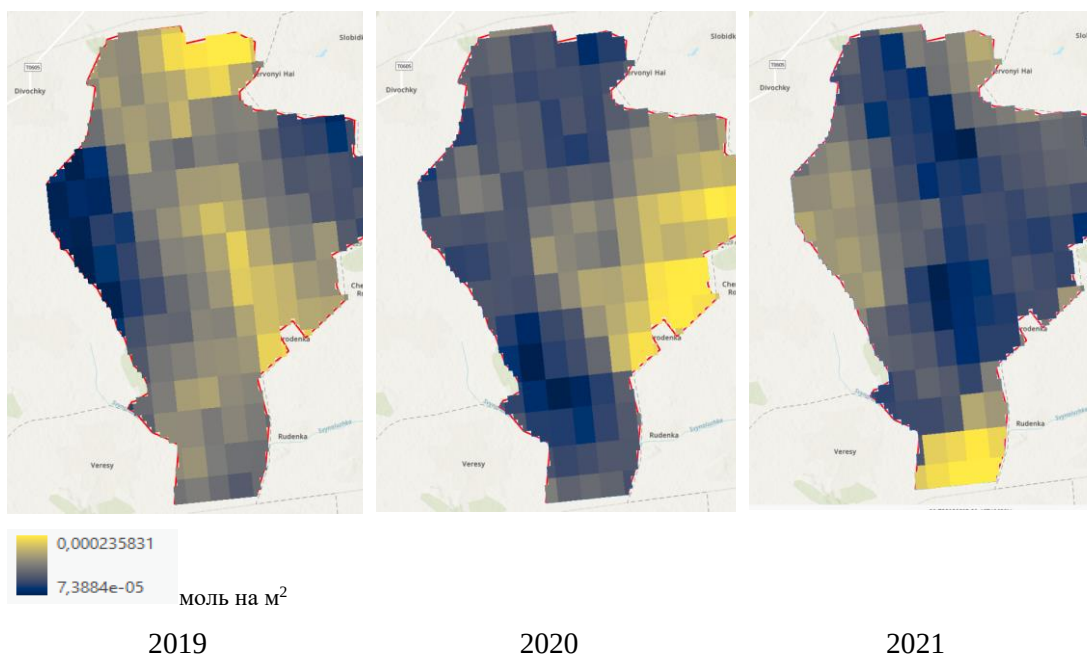


Рис. 4.54. Візуалізація наявності діоксиду сірки в повітрі над територією Високівської громади

Вулканічний SO₂ також можуть становити загрозу для авіації разом з вулканічним пилом. Діоксид сірки розраховується з використанням довжин хвиль 354 нм і 388 нм.

Таблиця 4.10 – Порівняльна характеристика наявності діоксиду сірки в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

Адміністративний рівень	Рік	min	max	Середнє за рік	Середньоквадратичне відхилення
Україна	2019	0	0,0006	0,0002	0,0001
	2020	0	0,0007	0,0002	0,0001
	2021	0	0,0007	0,0002	0,0001
Житомирська область	2019	0	0,0003	0,0002	0
	2020	0	0,0006	0,0002	0,0001
	2021	0	0,0005	0,0002	0,0001
Житомирський район	2019	0	0,0003	0,0002	0
	2020	0	0,0005	0,0002	0,0001
	2021	0	0,0004	0,0002	0,0001
Високівська громада	2019	0,0001	0,0002	0,0002	0
	2020	0,0001	0,0003	0,0002	0,0001
	2021	0	0,0004	0,0002	0,0001

Метан. Концентрація метану в атмосфері (CH_4) після вуглекислого газу (CO_2) є найважливішим чинником антропогенного посиленого парникового ефекту.



Рис. 4.55. Динаміка наявності метану в повітрі над територією Високівської громади

Він потрапляє в атмосферу Землі як за рахунок природних, так і антропогенних процесів, хоча більшість має антропогенне походження. Приблизно три чверті викидів метану є антропогенними.

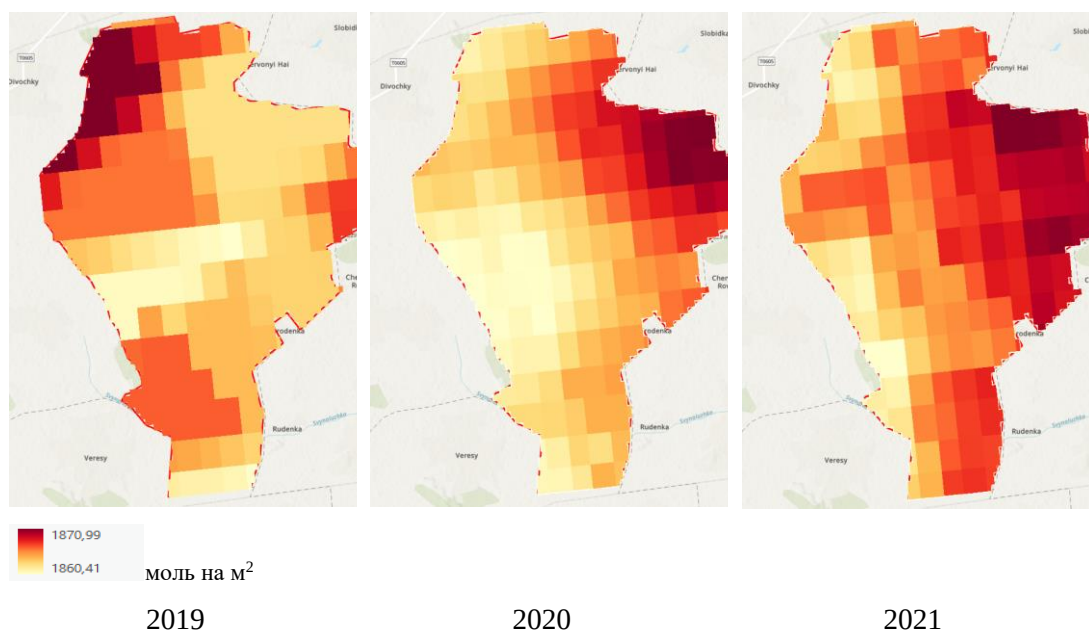


Рис. 4.56. Візуалізація наявності метану в повітрі над територією Високівської громади

Таблиця 4.11 – Порівняльна характеристика наявності метану в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

Адміністративний рівень	Рік	min	max	Середнє за рік	Середньоквадратичне відхилення
Україна	2019	1728,765	1904,481	1846,197	13,7568
	2020	1776,141	1927,736	1862,674	13,9562
	2021	1786,931	1938,025	1873,764	11,4633
Житомирська область	2019	1768,157	1877,587	1832,739	18,1557
	2020	1805,621	1881,032	1847,634	16,5051
	2021	1825,983	1890,772	1863,721	13,8416
Високівська громада	2019	1861,21	1865,527	1863,009	1,0464
	2020	1860,414	1870,988	1864,632	2,7532
	2021	1874,873	1882,781	1879,193	1,8394

За останні три роки (2019-2021 рр.) спостерігається тенденція до повільного нарощення концентрації метану в атмосфері над територією громади (рис. 4.56). Проте концентрація метану в порівнянні із середнім значенням по Житомирському району, області та Україні є найменшою (рис. 4.57).

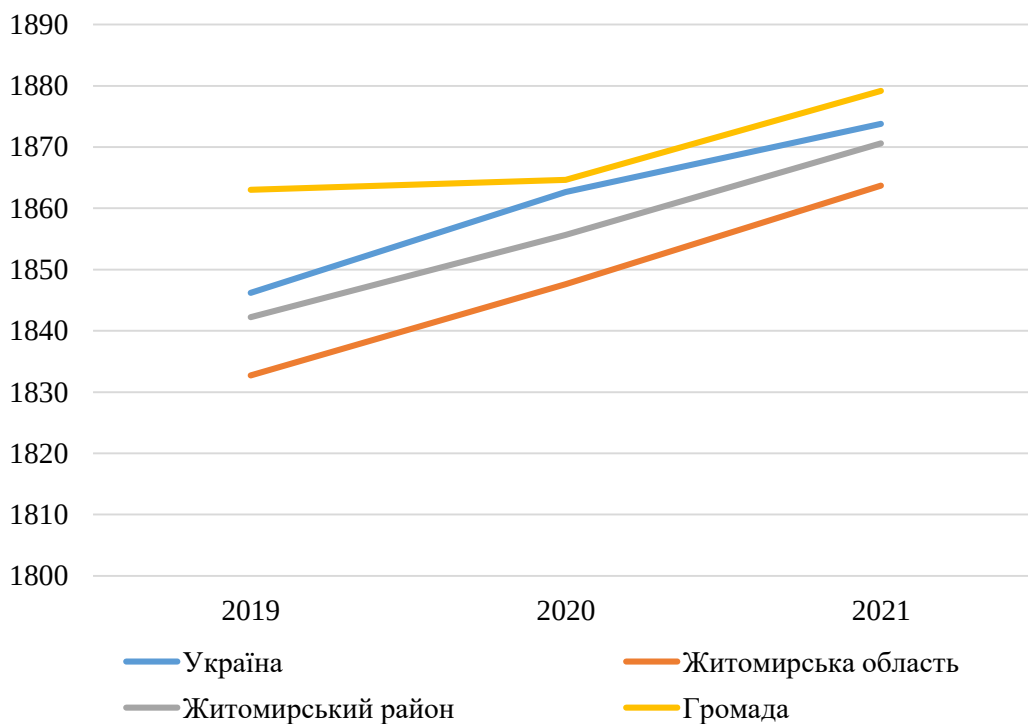


Рис. 4.57. Динаміка наявності метану в повітрі на різних рівнях адміністративного устрою

4.4. Оцінка соціальної безпеки населення в умовах надзвичайних ситуацій (на прикладі корона вірусної інфекції COVID-19 у 2019 р.)

На початку 2019 року людство зіткнулось із глобальною проблемою пандемії, наслідки якої передбачити наразі неможливо. 30 січня 2020 р. Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) спалах вірусу COVID-19 було оголошено міжнародною надзвичайною ситуацією у сфері охорони здоров'я через невинне розповсюдження інфекції на всіх континентах²¹². У зв'язку із карантинними обмеженнями, впровадженими у більшості країн, що постраждали від COVID-19, значна частка населення обмежена власними оселями²¹³, а тривога, викликана швидким розповсюдженням інфекції, за інформацією ВООЗ, є природною психологічною реакцією на високий рівень невизначеності майбутнього²¹⁴. Несприятливі психосоматичні ефекти серед населення загострюються як безпосередньо через пандемію, так і з огляду на потік легкодоступної нерелевантної інформації з неперевіраних повідомлень, отриманих через онлайн-сервіси соціальних мереж. Попередні дослідження продемонстрували, що швидке розповсюдження масової тривоги та паніки щодо COVID-19 спричинило психологічні проблеми у всіх верствах населення²¹⁵ і ці проблеми в майбутньому можуть стати ще більш згубними, ніж безпосередньо вірус²¹⁶.

З огляду на зазначене важливим є вивчення ймовірних сценаріїв впливу пандемії COVID-19 на соціальну та економічну структуру як світу, так і окремих країн²¹⁷. Відтак, нагальною стає проблема нестачі емпіричних даних, необхідних для ідентифікації закономірностей соціально-економічного розвитку в умовах світової епідемії та прогнозування наслідків кризи, спричиненої розповсюдженням коронавірусної інфекції COVID-19. Прогнозовані сценарії соціально-економічного розвитку суттєво різняться між собою, в т. ч. через численні припущення, використані у моделях, та гетерогенність врахованих факторів.

Першочерговим у таких умовах є збір первинної інформації. Одним з актуальних об'єктів первинних досліджень, зміна якого значною мірою визначає подальший вектор соціально-економічного розвитку країни, є суспільно-економічні процеси та суспільна поведінка під час кризових ситуацій. В умовах пандемії та впровадження заходів щодо стримування

²¹² Rubin G. J., Wessely S. The psychological effects of quarantining a city. *BMJ*. 2020. Vol. 368. P. 313. URL: <https://doi.org/10.1136/bmj.m313>

²¹³ The Early Food Insecurity Impacts of COVID-19 / Niles M. T., Bertmann F., Belarmino E. H. et al. *Nutrients*. 2020. Vol. 12, № 7. P. 2096. URL: <https://doi.org/10.3390/nu12072096>

²¹⁴ Addressing the Impacts of COVID-19 in Food Crises: FAO's component of the Global COVID-19 : Humanitarian Response Plan. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.

²¹⁵ Will novel coronavirus (COVID-19) pandemic impact agriculture, food security and animal sectors? / Seleiman M. F., Selim S., Alhammad B. A. et al. *Bioscience Journal*. 2020. Vol. 36, № 4. P. 1315–1326.

²¹⁶ Sim K., Chua H. C. The Psychological Impact of SARS: a Matter of Heart and Mind. *Canadian Medical Association Journal*. 2004. Vol. 170 (5). P. 811–812. URL: <https://doi.org/10.1503/cmaj.1032003>

²¹⁷ Kluge H. N. P. Statement – physical and mental health key to resilience during COVID-19 pandemic. URL: <https://www.euro.who.int/en/mediacentre/sections/statements/2020/statement-physicaland-mental-health-key-to-resilience-during-covid19-pandemic>

поширення інфекції важливо розуміти та у перспективі передбачувати поведінку і суспільні настрої населення на різних етапах розповсюдження коронавірусної інфекції *COVID-19*, чому і присвячено дане дослідження.

Враховуючи об'єктивну необхідність прогнозування впливу пандемії коронавірусної інфекції на всі сфери соціально-економічного життя, значна частина наукових досліджень першої половини 2020 р. проводилась із урахуванням наслідків розповсюдження вірусу *COVID-19*. Питання продовольчої безпеки крізь призму обмежуючих заходів, пов'язаних із розповсюдженням коронавірусної інфекції, вивчали М. Т. Niles, F. Bertmann, E. H. Belarmino, T. Wentworth, E. Biehl, R. A. Neff, B. James Deaton, Brady J. Deaton²¹⁸, M. F. Seleiman, S. Selim, B. A. Alhammad, B. M. Alharbi, F. C. Juliatti²¹⁹ та інші дослідники. М. Estrada обґрунтовує перелік та розміри мінімальних квот на зберігання харчових продуктів, води та медикаментів населенням під час пандемії. Ґрунтовне дослідження напрямів вирішення проблеми негативного впливу вірусу *COVID-19* на продовольчі кризи проведено фахівцями Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO)²²⁰. Водночас, незважаючи на численні наукові праці вищеперелічених та багатьох інших дослідників, наразі актуальним є збір якомога більшого масиву інформації відносно особливостей суспільної поведінки в умовах пандемії в розрізі окремих країн.

Вкрай важливим є оперативний збір даних про стан, дії та настрої суспільства в умовах пандемії і введення жорстких карантинних заходів. Необхідну оперативність може забезпечити пошукове соціологічне дослідження у формі соціологічного опитування під час дії карантинних заходів із дотриманням умови мінімізації особистих контактів із респондентами. Таке дослідження проведено на прикладі Житомирської області у формі анонімного *online* опитування громадян. Збір та обробка даних здійснювалась у середовищі *ArcGis*. Збір інформації було здійснено за допомогою програмного продукту *Survey123*, який дає можливість оперативного збору соціально-економічних даних у вигляді електронної анкети (опитувальника) та подальшого їх геокодування. Обробка даних здійснювалась в програмному комплексі *ArcGis Pro*. Економетричний аналіз проведено в програмному середовищі *R*.

Протягом періоду з 16.03.2020 р. по 20.03.2020 р., тобто під час перших 2-х місяців офіційно оголошеного загальнонаціонального карантину, опитано 1953 респонденти, 62 % з яких (1242 осіб) проживають на території Житомирської області (рис. 1). З точністю 95 % та похибкою 3 % досліджена вибіркова сукупність є репрезентативною. Питома вага опитаних жінок склала 63 %, чоловіків – 37 %. Найбільша питома вага опитаних (52 %)

²¹⁸ Deaton B. James, Deaton Brady J. Food Security and Canada's Agricultural System Challenged by COVID-19. *Canadian Journal of Agricultural Economics*. 2020. Vol. 68 (2). P. 143–149.

²¹⁹ Will novel coronavirus (COVID-19) pandemic impact agriculture, food security and animal sectors? / Seleiman M. F., Selim S., Alhammad B. A. et al. *Bioscience Journal*. 2020. Vol. 36, № 4. P. 1315–1326.

²²⁰ The pandemic of social media panic travels faster than the COVID19 outbreak / Depoux A., Martin S., Karafillakis E. et al. *Journal of Travel Medicine*. 2020. Vol. 27 (3). URL: <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa031>

припадає на працюючих громадян України. Опитані респонденти – це здебільшого жителі міст (69 % осіб). На сільське населення припадає 31 % опитаних. Переважна більшість респондентів (65 %) здобула вищу освіту.

Метою дослідження є вивчення особливостей та потенційних наслідків суспільної поведінки під час введення карантинних заходів. У рамках зазначеної мети сформульовано такі завдання: 1) вивчити наміри та фактичні дії населення відносно масових закупівель харчових продуктів; 2) проаналізувати схильність населення до масових закупівель медикаментів та захисних засобів; 3) оцінити рівень усвідомлення населенням загрози поширення коронавірусної інфекції; 4) дослідити рівень занепокоєння суспільства у зв'язку із поширенням коронавірусної інфекції.

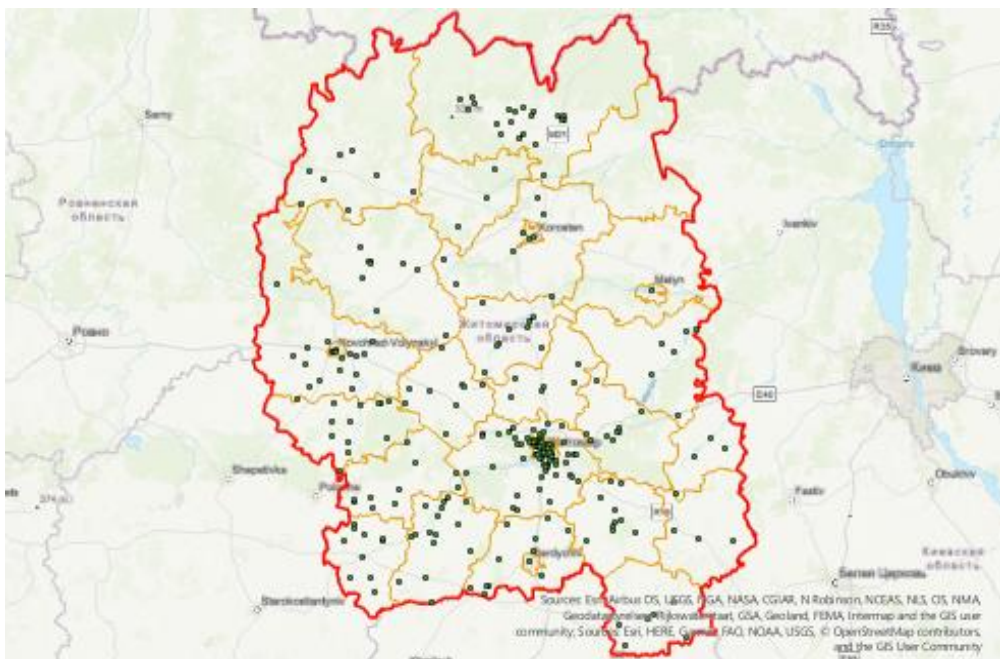


Рис. 4.58. Географічний розподіл респондентів Житомирської області

Аналіз чинників рівня тривоги населення Житомирської області проведено із застосуванням інструментарію регресійного аналізу. Результативну ознаку оцінено за 3-бальною шкалою: 1 бал – низький рівень тривоги; 2 бали – середній рівень тривоги; 3 бали – високий рівень тривоги. Регресійний аналіз проведено у кілька етапів:

1) відбір факторних ознак, які доцільно включити до багатofакторної лінійної регресійної моделі рівня тривоги. До потенційних факторів включено відповіді на всі питання анкети. Всі відповіді (окрім віку) є булевими змінними, що можуть набувати значень або 0 (респондент не обрав відповідний варіант відповіді), або 1 (респондент обрав відповідний варіант відповіді). У межах кожного питання формується сукупність змінних, кількість яких відповідає кількості варіантів відповідей. Наприклад, на питання «Чи дотримуєтесь Ви правил захисту від вірусної інфекції?»

запропоновано три варіанти відповідей, а саме: так, частково, ні. Відповідно, після обробки результатів опитування у межах даного питання сформовано три булеві змінні для кожного варіанту. У цілому, для 23 питань анкети сформовано 134 змінних. І на першому етапі серед них відбираються лише ті, які доцільно включити у модель.

Для обґрунтування переліку факторних ознак використано два алгоритми, а саме покрокову регресію та алгоритм Борута. Алгоритм покрокової регресії передбачає автоматизований покроковий перебір всіх можливих регресійних моделей із усіма можливими комбінаціями факторних змінних. На кожному кроці окрема змінна розглядається або у доповненні до інших факторів змінних або опосередковано (для однофакторних моделей). У результаті визначається найкраща модель, якій відповідає оптимальна множина змінних. Критеріями відбору найкращої моделей є критерії тестів F -та t -статистики. Алгоритм Борута застосовується у такій послідовності: а) перемішування даних у розрізі кожної змінної (щоб вони не були пов'язані з цільовою змінною) та створення нових «тіньових» змінних; у результаті для кожної змінної формується сукупність з фактичних значень змінних та мінімум 5 «тіньових змінних»; б) машинне навчання моделі (по типу *Random Forest*), на основі якого визначається важливість кожної змінної (на основі z -оцінок) та видаляються змінні, які визначено як неважливі; в) ітерації оцінювання важливості факторних змінних повторюються доти, доки у моделі не залишаться лише важливі фактори;

2) порівняння результатів, отриманих на базі двох алгоритмів. Вибір найкращого алгоритму здійснюється шляхом аналізу побудованих на їх основі регресійних моделей. Для цього будуються дві моделі, у першу з яких необхідно включити чинники, відібрані за алгоритмом покрокової регресії, а у другу – за алгоритмом Борута. Критеріями вибору однієї із цих моделей є, по-перше, питома вага значущих факторних змінних (із значеннями p -value меншим 0,05, а коефіцієнта t -статистики – більшим 2), по-друге, мультиплікативний та скорегований коефіцієнти детермінації (вони мають бути максимально наближені один до одного), значущість коефіцієнта детермінації моделі (значення p -value має бути меншим 0,05);

3) перевірка відібраних змінних на наявність ефектів мультиколінійності (тісний зв'язок між факторними змінними) та гетероскедастичності (нерівномірність розкиду фактичних значень факторної ознаки навколо побудованої лінії регресії). Виключення відповідних факторів;

4) виключення з моделі факторів, які за значенням p -value більші 0,05;

5) побудова та економічна інтерпретація багатофакторної регресійної моделі рівня тривоги населення Житомирської області, спричиненої пандемією коронавірусною інфекцією COVID-19.

Дослідження суспільної поведінки з позиції її впливу на продовольчу безпеку передбачає перевірку гіпотези про те, що введення карантинних заходів та панічні настрої суспільства спричинять масові закупівлі харчових

продуктів. Наслідком такого розвитку подій може стати зниження рівня продовольчої безпеки країни через обмежену фізичну доступність продовольства. За результатами опитування встановлено, що протягом першого місяця понад 49 % респондентів не робили запасів харчових продуктів. Серед тих, хто формували запаси, переважна більшість (92 %) припадає на опитаних, які купували харчові продукти у розрахунок на наступні 1-2 тижні. І лише 5,1% респондентів формували такі запаси на місяць і більше.

Основною групою харчових продуктів, яку закупувало населення у перший місяць після введення карантину, були крупи (64,0 %), олія (44,5 %) та м'ясні і м'ясоковбасні вироби (47,4 %). Не зважаючи на те, що переважна більшість населення або не формувала запасів харчових продуктів, або купувала їх у розрахунок на 1-2 тижні, 11,8 % опитаних відчули проблему із придбанням продовольства. Серед них 33,6 % занепокоєні нестачею фруктів, по 26 % – круп та овочів, а 21 % – консервів. Можна виділити три ймовірні причини дефіциту продовольства під час карантинних заходів, введених не лише на території України, але й країн-партнерів.

Таблиця 4.12 – Результати оцінки формування запасів та доступності запасів продовольства під час карантинних заходів

Група харчових продуктів	Запаси яких продуктів робили? ¹	З придбанням яких саме харчових продуктів виникає проблема? ²
Крупи	63,96	26,03
Хліб та хлібобулочні вироби	33,28	9,59
Консерви	9,25	21,23
Овочі	38,80	26,03
Фрукти	44,48	33,56
М'ясні та м'ясоковбасні вироби	47,40	12,33
Картопля	14,29	17,12
Цукор	31,01	12,33
Яйця	34,74	13,01
Олія	44,48	9,59
Сіль	20,62	0,00
Не робили запаси продуктів/Проблем не виникає ³	49,44	88,17

¹ Питома вага респондентів, що робили запаси відповідної групи продуктів у загальній чисельності опитаних, які робили запаси.

² Питома вага респондентів, що відчувають проблему із придбанням відповідної групи продуктів у загальній чисельності опитаних, які відчувають таку проблему.

³ Питома вага респондентів у загальній чисельності опитаних.

По-перше, у разі обмеження зовнішньоторговельних операцій під час пандемії доступ до імпортованих харчових продуктів, попит на які Україна не спроможна забезпечити самостійно, обмежується. Тоді виникає загроза

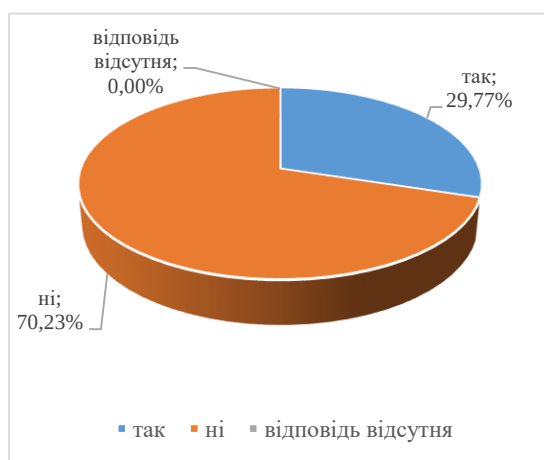
часткової втрати продовольчої незалежності. Саме цим можна частково пояснити нестачу фруктів, які у весняний період здебільшого імпортуються.

По-друге, введення карантину в Україні передбачало заборону діяльності ринків роздрібної торгівлі протягом більше 1,5 місяці. За таких умов попит на харчові продукти у магазинах роздрібної торгівлі зріс, оскільки населення мало доступ лише до них. По-третє, проблема фізичної доступності продовольства може загостритись у населених пунктах, де ринки є основним, а інколи і єдиним, місцем закупівель окремих видів харчових продуктів. До таких продуктів належать, насамперед, фрукти та овочі.

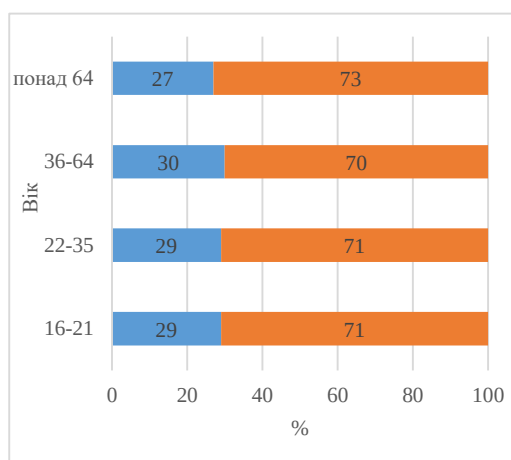
Що стосується географічного розподілу респондентів, які відчують дефіцит у харчових продуктах, то найбільша частка таких опитаних характерна для Чуднівського, Малинського та Радомишльського районів.

Іншою групою товарів, масові закупівлі яких очікувались під час пандемії, є медикаменти та захисні засоби. Як засвідчив досвід країн, у яких на інфекцію COVID-19 захворіла найбільша чисельність населення (США, Італія, Іспанія, Німеччина, Великобританія тощо), під час введення жорстких карантинних заходів спостерігався не лише дефіцит, а подекуди і тривала відсутність деяких медикаментів та захисних засобів.

Основною причиною такої ситуації був стрімкий одномоментний ріст попиту на відповідну групу фармацевтичних товарів, їх обмежені запаси, недостатні виробничі потужності для забезпечення підвищеного попиту. Системна дія трьох зазначених чинників призвела до виникнення проблеми залежності країн від зовнішніх постачальників медикаментів та захисних засобів. Результати аналізу схильності населення України до масових закупівель медикаментів та захисних засобів показали, що понад 70 % респондентів не робили відповідних запасів (рис. 4.59, а). Розподіл відповідей у розрізі вікових груп дав підстави спростувати припущення про те, що люди похилого віку тяжіють до придбання ліків про запас (рис. 4.59, б).



а) за всіма респондентами



б) у розрізі вікових груп

Рис. 4.59. Розподіл відповідей на запитання: «Чи робили Ви останнім часом запаси всіх видів медикаментів?»

Порівнюючи відповіді відносно створення запасів різних видів медикаментів встановлено, що дещо більша частка респондентів закупувала ліки від респіраторних і вірусних інфекцій (25,4 % опитаних проти 21,5 %, які робили запаси медикаментів від хронічних захворювань) (рис. 4.60).

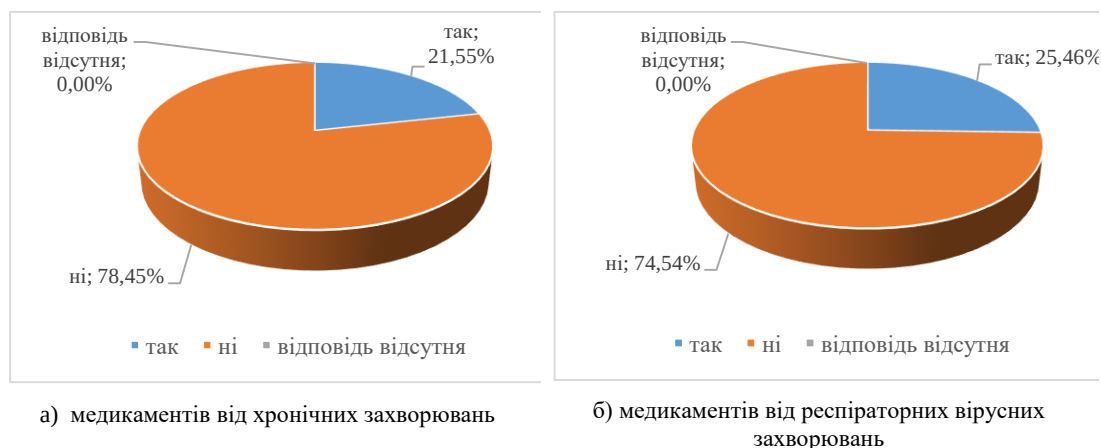


Рис. 4.60. Розподіл відповідей на запитання: «Чи робили Ви останнім часом запаси медикаментів?»

У цілому 10,4 % респондентів стикнулися із проблемою придбання медикаментів, 25,9 % частково відчули на собі таку проблему, а 63,7 % опитаних не побачили дефіциту медикаментів (рис. 4.61, а). За результатами опитування станом на 20 березня 2020 р. (перший тиждень офіційного карантину) з проблемою обмеженого доступу до медикаментів стикнулися на 4 % респондентів менше. Тобто, з часом нестача відповідної групи товарів посилилась.

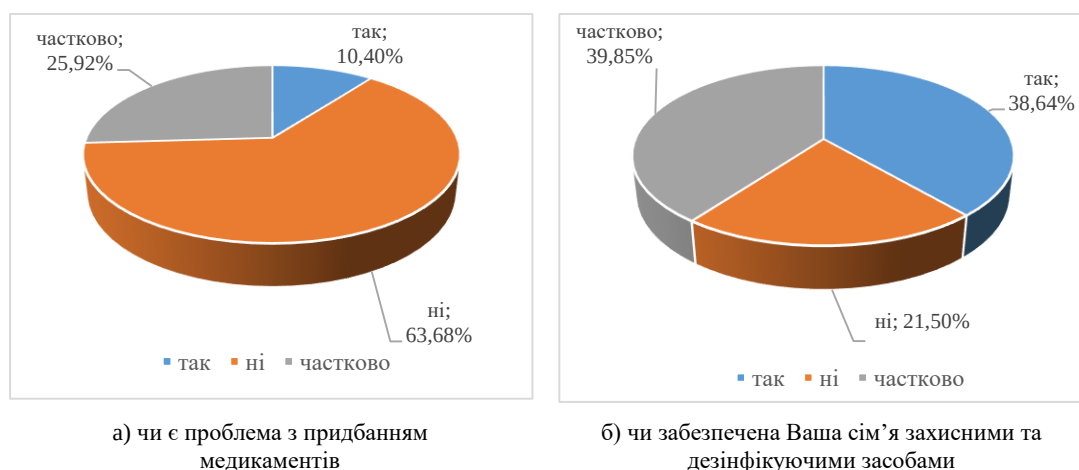
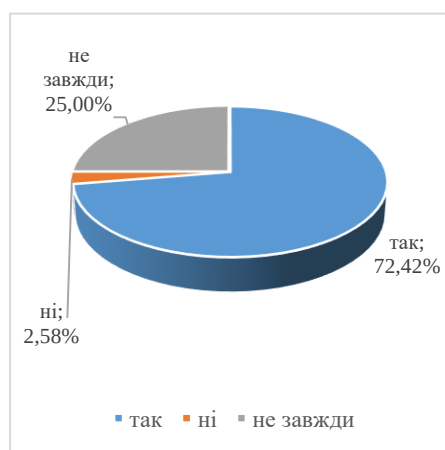


Рис. 4.61. Розподіл відповідей на запитання щодо проблем забезпечення медикаментами

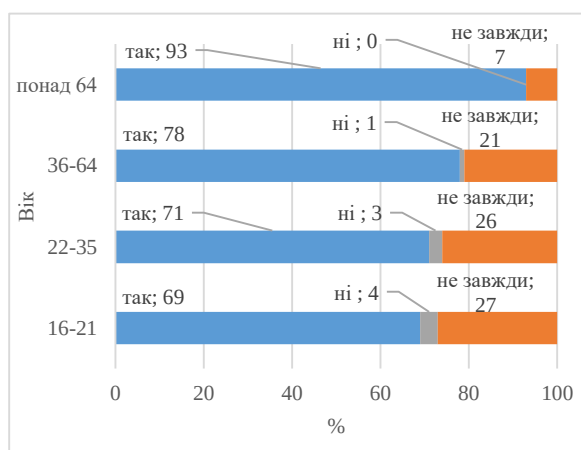
Встановлено, що лише 38,6 % опитаних забезпечені захисними та дезінфікуючими засобами, тоді як 21,5 % не встигли або не мали намірів закупити відповідні засоби. Найбільші відмінності у відповідях щодо рівня забезпеченості такими засобами виявлено у розрізі вікових груп. Зокрема, 25 % респондентів віком від 21 до 64 років не мають захисних та дезінфікуючих засобів, а 43 % – забезпечені ними частково. Натомість, 46 % людей похилого віку (понад 65 років), які належать до групи підвищеного ризику у разі захворювання на COVID-19, не забезпечені захисними та дезінфікуючими засобами і 20 % – забезпечені лише частково.

Як показала практика, одним із основних способів зниження ймовірності зараження коронавірусною інфекцією COVID-19 є дотримання правил індивідуального захисту. Лише у такий спосіб можна вберегти як себе, так і оточуючих від інфікування. Важливо зазначити, що правила захисту від інфікування вимагають високий рівень самосвідомості без докладання фізичних зусиль та додаткових фінансових витрат. Однак, як показали результати проведеного опитування, 25 % респондентів дотримуються правил захисту від коронавірусної інфекції лише частково і понад 2,5 % не вважають за потрібне якимось чином реагувати на потенційну загрозу (рис. 4.62). Показовим є порівняння динаміки розподілу відповідей респондентів на окреслене питання. Під час опитування протягом перших чотирьох днів карантину 25 % опитаних вказали на часткове дотримання рекомендацій щодо індивідуального захисту від інфекції. Тобто, через місяць після офіційного оголошення карантинних заходів питома вага населення, що не повною мірою дотримувалась відповідних правил захисту, не змінилась.

Цілком очевидно, що найбільша питома вага свідомих громадян припадає на людей віком від 65 років (рис. 4.62, б). У цілому зі зростанням віку, зростала і частка опитаних, які дотримувались рекомендованих заходів індивідуального захисту.



а) за всіма респондентами

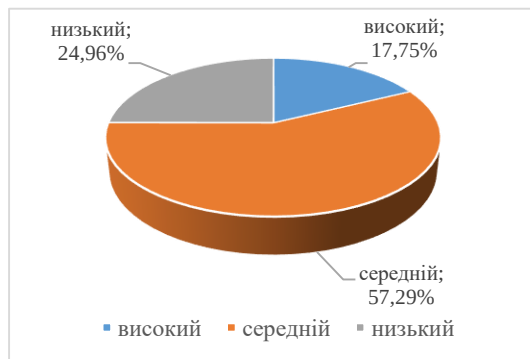


б) у розрізі вікових груп

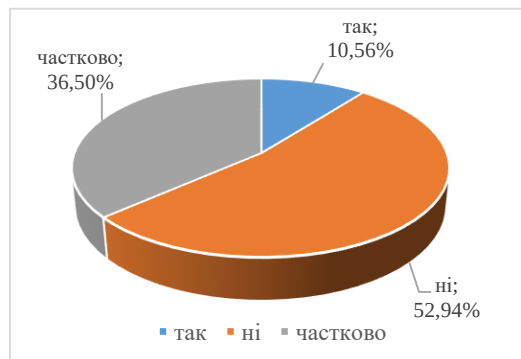
Рис. 4.62. Розподіл відповідей на запитання: «Чи дотримуетесь Ви правил захисту від вірусної інфекції?»

На запитання: «Чи погоджуєтесь Ви з введенням карантину?» 79,1 % респондентів відповіли позитивно. Майже 18 % опитаних лише частково визнає доцільність карантинних заходів, а 3 % – проти таких радикальних дій.

Результати оцінювання рівня суспільної тривоги дали можливість встановити, що близько 25 % опитаних оцінюють свій рівень тривоги щодо поширення коронавірусної інфекції COVID-19 як низький (рис. 4.63, а). Майже така ж частка населення не переймається відносно можливого виникнення дефіциту харчових продуктів в умовах пандемії (рис. 4.63, б).



а) Оцініть Ваш рівень тривоги щодо поширення коронавірусної інфекції в Україні



б) Чи існує у Вас тривога щодо можливості виникнення дефіциту харчових продуктів в умовах посилення карантинних заходів?

Рис. 4.63. Розподіл відповідей на запитання щодо рівня тривоги під час пандемії

Майже 18 % респондентів сильно занепокоєні проблемою пандемії. За результатами кореляційного аналізу встановлено, що між рівнем тривоги відносно поширення інфекції та занепокоєнням стосовно можливого дефіциту продовольства існує прямий лінійний зв'язок. Зокрема, парний коефіцієнт кореляції між зазначеними показниками складає 0,30. При обсязі вибіркової сукупності 1242 опитаних виявлений взаємозв'язок є значущий із точністю понад 99 %. Це означає, що люди занепокоєні загрозою поширення COVID-19 переживають і відносно нестачі харчових продуктів.

Встановлено, що жінки більше схильні до тривожних настроїв. Зокрема, 21 % жінок оцінили свій рівень тривоги як високий, а 60 % – як середній. Натомість, лише 13 % чоловіків визначили свій рівень занепокоєння як високий і 52 % – як середній. Це означає, що чоловіків, які не відчувають або практично не відчувають тривоги щодо поширення коронавірусної інфекції COVID-19 майже вдвічі більше, ніж жінок.

У разі загострення проблеми розповсюдження коронавірусної інфекції 41 % опитаних схиляється до самоізоляції, 18 % будуть уникати скупчення людей (рис. 4.64).

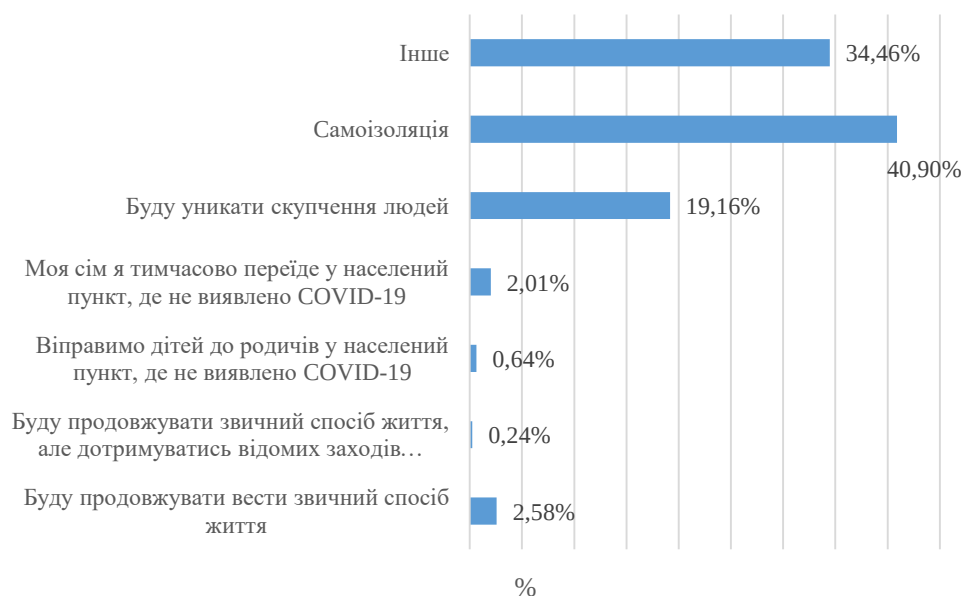


Рис. 4.64. Розподіл відповідей на питання: «Якими будуть Ваші дії у разі виявлення значної кількості випадків коронавірусної інфекції у Вашому регіоні?»

Одним із завдань оперативного моніторингу суспільних настроїв під час кризових явищ та глобальних викликів є визначення чинників, які впливають на загальний рівень тривоги населення. Відповідний аналіз проведено шляхом побудови багатофакторної регресійної моделі, яка формалізує залежність рівня тривоги населення Житомирської області від сукупності факторів. Згідно із запропонованою методикою, на першому етапі за допомогою алгоритму покрокової регресії виділено найзначущі чинники рівня тривоги опитаних.

Встановлено, що на рівень тривоги впливають такі чинники як існування тривоги щодо можливого виникнення дефіциту на харчові продукти, ставлення до обґрунтованості введення карантину, вік респондентів, складність придбання медикаментів, стать, схильність до закупівлі харчових продуктів та медикаментів від хронічних захворювань, забезпеченість опитаних та їх родин захисними і дезінфікуючими засобами.

Відповідно до результатів застосування алгоритму Борута на рівень тривожності населення Житомирської області під час пандемії коронавірусної інфекції COVID-19 впливають всі чинники, зазначені в анкеті. Окрім перелічених вище факторних ознак до вагомих чинників рівня тривожності віднесено тип населеного пункту, групи харчових продуктів, які закуповували мешканці Житомирщини, труднощі із придбанням медикаментів, закупівлі всіх типів медикаментів. У табл. 4.13 відображено найвагоміші фактори впливу на рівень тривоги населення через пандемію.

Таблиця 4.13 – Порівняльний аналіз результатів регресійного аналізу згідно із алгоритмами покрокової регресії та Борута*

Факторна ознака	Коефіцієнт регресії		Значущість (<i>p-value</i>)	
	порогова регресія	Борута	порогова регресія	Борута
Тривога відносно виникнення дефіциту продовольства існує	0,45	0,46	0,001	0,001
Часткова тривога відносно виникнення дефіциту продовольства	0,17	0,18	0,001	0,001
Повною мірою погоджуюсь із введенням карантину	0,52	0,52	0,001	0,001
Вік	0,08	0,07	0,001	0,001
Проблем із придбанням медикаментів немає	0,17	0,15	0,01	0,05
Існують проблеми із придбанням медикаментів	0,33	0,33	0,001	0,001
Відчуваю певні (часткові) проблеми із придбанням медикаментів	0,20	0,22	0,01	0,01
Стать (чоловік)	-0,13	-0,13	0,001	0,01
Робили запаси круп, консервів, овочів, картоплі	–	1,97	–	0,01
Робили запаси круп, консервів, овочів, м'ясних і ковбасних виробів, яєць	–	1,71	–	0,01
Робили запаси хлібобулочних виробів, овочів, м'ясних та ковбасних виробів, олії	–	1,85	–	0,01
Коефіцієнт детермінації	0,22		0,42	
Скорегований коефіцієнт детермінації	0,21		0,21	
Значущість коефіцієнта детермінації (<i>p-value</i>)	<0,001		<0,001	

* виключено лише змінні зі значущістю понад 90 % (*p-value* <0,01).

До таких факторних ознак віднесено чинники зі значенням *p-value* меншим 0,01. Переважна частина відібраних показників в обох моделях співпадають. Винятком є лише набори харчових продуктів. Зокрема, згідно із алгоритмом Борута встановлено, що респонденти з вищим рівнем тривожності частіше купують три набори харчових продуктів, а саме: 1) крупи, консерви, овочі, картопля; 2) крупи, консерви, овочі, м'ясні і ковбасні вироби та яйця; 3) хлібобулочні продукти, овочі, м'ясні і ковбасні вироби, олія. Виходячи з наведеного можна припустити, що у разі критичної ситуації та підвищення рівня тривоги найбільш ймовірним є масові закупівлі зазначених наборів продовольства. У такому випадку підвищеної уваги з боку влади та учасників ринку потребуватиме недопущення дефіциту згаданих харчових продуктів.

Однією із вимог до регресійних моделей є їх простота, що забезпечується врахуванням лише найбільш значимих змінних. Громіздкі моделі з великою кількістю незначущих змінних складні як для прогнозування, так і для інтерпретації. 59 % пояснювальних змінних, відібраних за допомогою покрокової регресії, характеризуються високим рівнем значущості (*p-value* <0,01). Натомість, менше 10 % факторних ознак, визначених за алгоритмом Борута, мають значущий зв'язок із результативним показником тривоги. У цілому ж практично всі чинники з високим рівнем значущості співпадають в обох алгоритмах.

Незважаючи на те, що коефіцієнт мультиплікативної детермінації для регресійної моделі, побудованої на базі алгоритму Борута, вищий, скореговані коефіцієнти детермінації в обох моделях рівні. Скореговані коефіцієнти детермінації враховують той факт, що кожен додатковий фактор зменшує цінність моделі. Рівність скорегованих коефіцієнтів свідчить про рівнозначність обох моделей. Однак, ще одним критерієм якості регресійної моделі є мінімальне відхилення між мультиплікативним та скорегованим коефіцієнтами детермінації. Відхилення коефіцієнтів детермінації для моделі за Бороту різняться майже вдвічі, а для моделі за покроковою регресією практично рівні. Отже, враховуючи критерії простоти та значень коефіцієнтів детермінації, у подальших дослідженнях використано модель регресії, побудовану на основі факторів, відібраних за допомогою алгоритму покрокової регресії.

У результаті перевірки обраних факторних ознак на мультиколінійність та гетероскедастичність, з подальшого аналізу виключено такі факторні ознаки: відмова від створення запасів харчових продуктів та формування запасів на 1-2 тижні, наявність проблем з придбанням медикаментів. Крім того, у модель не включено відповіді на питання щодо здійснення закупівель харчових продуктів та медикаментів, оскільки відповідні фактори, по-перше, є незначущими у побудованій моделі ($p\text{-value} < 0,05$) і, по-друге, є радше залежними від рівня тривоги змінними, а не факторними ознаками. Через низький рівень значущості ($p\text{-value} < 0,05$) з моделі також виключено рівень забезпеченості опитаних захисними та дезінфікуючими засобами захисту.

Таблиця 4.14. Результати регресійного аналізу рівня тривоги населення через розповсюдження інфекції COVID-19

Факторна ознака	Позначення	Коефіцієнт регресії	t-критерій Стьюдента	Значущість ($p\text{-value}$)
Вільний член рівняння	—	1,06	6,4	<0,001
Тривога відносно виникнення дефіциту продовольства існує	x_1	0,44	4,70	<0,001
Часткова тривога відносно виникнення дефіциту продовольства	x_2	0,15	2,38	<0,05
Повною мірою погоджуюсь із введенням карантину	x_3	0,50	3,05	<0,01
Вік	x_4	0,01	2,26	<0,05
Існують проблеми із придбанням медикаментів	x_5	0,32	3,44	<0,001
Відчуваю певні (часткові) проблеми із придбанням медикаментів	x_6	0,24	3,29	<0,01
Мультиплікативний коефіцієнт детермінації		0,1479		<0,001
Скорегований коефіцієнт детермінації		0,1352		

У результаті подальшого аналізу також виключено змінну статті, оскільки у рівнянні її значущість нижча граничного рівня ($p\text{-value} > 0,05$). У кінцевому варіанті отримано багаторфакторну лінійну регресійну модель

залежності рівня тривоги населення Житомирської області через поширення коронавірусної інфекції COVID-19 (табл. 4.14)²²¹:

$$y = 1,06 + 0,44x_1 + 0,15x_2 + 0,50x_3 + 0,01x_4 + 0,32x_5 + 0,24x_6.$$

Отримане рівняння є адекватним, оскільки задовольняє основні умови:

1) високий рівень значущості всіх включених у модель факторних ознак, що підтверджується значеннями коефіцієнта *p-value* меншими за 0,05 та значеннями *t*-критерія Стьюдента, які перевищують 2,00;

2) наближеність значень мультиплікативного (0,1479) та скорегованого (0,1352) коефіцієнтів детермінації. Відносно низький рівень обох коефіцієнтів допустимий для даної регресійної моделі, оскільки всі незалежні змінні є булевою величиною;

3) достатній рівень значущості мультиплікативного коефіцієнта детермінації (*p-value* < 0,01).

Згідно із результатами регресійного аналізу із зростанням віку збільшується і рівень тривоги. Серед причин виникнення тривожних настроїв серед мешканців слід виділити існування тривоги через ймовірне виникнення дефіциту продовольства та проблеми із доступом до необхідних медикаментів. Саме у цьому напрямку мають бути зосереджені превентивні заходи щодо роботи з населенням під час аналогічних кризових явищ.

Щодо перспектив використання геопортальних технологій відповідними безпековими структурами у військовий час для прийняття рішень в сфері національної безпеки та оборони можна визначити наступні:

Транспортна інфраструктура. Діючі геопортали надають можливість в режимі реального часу будувати маршрути переміщення транспортних засобів із врахуванням типів доріг з подальшим аналізом та управлінням у реальному часі. У військовий час геопортал можна наповнити функціями побудови маршрутів, друку карт, вимірювання відстаней та площ на карті, створення інформаційних карток об'єктів тощо.

Локація інфраструктурних об'єктів призначена для збереження, накопичення та відображення інформації про міську інженерну інфраструктуру. Геопортал наповнений наступними функціями:

відображення об'єктів інженерної інфраструктури (водопостачання, водовідведення, газопроводи, тепломережі, електромережі та інші);

підключення до набору відображення космічних знімків, ортофотопланів, містобудівної документації, растрових схем інженерних мереж тощо;

відображення детальних технічних параметрів інженерних мереж (діаметр і матеріал труб, дати введення в експлуатацію та останнього ремонту, кількість кабелів, напруга тощо).

²²¹ Assessment of the social security level in the context of coronavirus contagion (COVID-19) / Skydan O., Nykolyuk O., Pyvovar P., Topolnytskyi P. *Scientific Horizons*. 2020. № 6 (91). P. 7–18.

Стан ґрунтового покриття призначений для відображення інформації про вологість ґрунтових покриттів, що дає можливість провести аналіз танкопрохідних зон.

Вивчення та надання інформації в сфері соціально-економічної безпеки в умовах воєнного стану дає можливість для відповідних користувачів (військова адміністрація, ЗСУ, СБУ, МВС, ДСНС) в короткі терміни надати інформацію для прийняття рішень в сфері національної безпеки та оборони. Така інформація збирається за допомогою ГІС-додатків. До основних запитів можна віднести наступне: визначення стану продовольчого забезпечення населення, забезпечення потреби в медикаментах, підготовка інформації для проведення евакуації населення, розподіл гуманітарних товарів та збір будь-якої інформації з конкретизацією геолокації об'єкту або явища (фото переміщення технічних засобів ворога, наслідки авіа/ракетного удару тощо).

Військові ГІС-додатки можна запрограмувати на збір наступної інформації:

Визначення стану продовольчого забезпечення населення. Інформація дає можливість оцінити стан продовольчого забезпечення населення як на рівні громад, районів, областей, так країни в цілому. В подальшому ця інформація може бути використана для розподілу продовольства між громадами.

Забезпечення потреби в медикаментах. Інформація дає можливість визначити локації пацієнтів, які потребують медикаментозного забезпечення.

Підготовка інформації для проведення евакуації населення. Збір та геокодування такої інформації дає можливість побудувати евакуаційні маршрути для населення в зонах, наближених до проведення військових дій.

Розподіл гуманітарних товарів між населеними пунктами у вигляді класичної транспортної задачі побудови маршрутів та розподілу вантажів. Транспортна задача (задача Монжа - Канторовича) – задача про оптимальний план перевезення продукту (-тів) із пунктів відправлення до пунктів споживання²²². Розробка і використання оптимальних схем вантажних потоків дозволяють знизити витрати на перевезення. Технічне завдання по теорії складності обчислень є NP-складним або входить в клас складності NP. Коли сумарний обсяг пропозицій (вантажів, наявних в пунктах відправки) не дорівнює загальному обсягу попиту на товари (вантажі), які потрібні пунктам споживання, то транспортна задача називається незбалансованою.

Збір будь-якої інформації з конкретизацією геолокації об'єкту або явища, що відбувається на територіях як наближених до військових дій, так і тимчасово окупованих територіях. До такої інформації можна віднести місця та маршрути переміщення ворожої техніки, місця зберігання боєприпасів, паливно-мастильних матеріалів та особового складу.

²²² Богачев В. И., Колесников А. В. Задача Монжа–Канторовича: достижения, связи и перспективы. *Успехи математических наук*. 2012. Т. 67, вып. 5. С. 3–110.

РОЗДІЛ 5

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СФЕРІ ВОЄННОЇ БЕЗПЕКИ: КЕЙС БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА

5.1. Нормативно-правова база висвітлення морської обстановки

Геополітичне розташування України у центральній-східній частині Європи відіграє важливу роль у забезпеченні стабільності та безпеки в регіоні. Україна активно здійснює заходи щодо облаштування та реконструкції державного кордону, створення інтегрованої системи висвітлення морської обстановки, охорони територіальних вод України, здійснення належного контролю транспортних засобів і вантажів інших держав у виключній (морській) економічній зоні України.

Моніторинг надводної морської обстановки – це процес регулярних тривалих спостережень морської поверхні у просторі та часі з використанням систем ДЗЗ, який надає можливість визначати реальну обстановку з подальшим прогнозуванням її розвитку. Анексія Криму росією з подальшим блокуванням Керченської протоки та обмеженням вільного пересування морського транспорту у виключній (морській) економічній зоні України свідчить про фактичне відкриття росією ще одного фронту агресії – морського. Необхідність захисту України з боку моря вимагає забезпечення безперервного моніторингу судноплавства та загального стану морської надводної поверхні в територіальних водах і виключній (морській) економічній зоні (В(М)ЕЗ) України.

Для ефективного реагування на ці загрози необхідно вчасно їх виявляти, ідентифікувати та вживати відповідні заходи. Для цього створюються та використовуються системи контролю простору. В Україні такі системи та засоби створювалися окремо і незалежно одне від одного в інтересах окремих міністерств, відомств, інколи навіть на паралельній основі. Наразі в Україні інформація про надводну обстановку в Чорному морі зосереджується в більш ніж 8 інформаційних системах. Крім цього, інтенсивно розвиваються регіональні та комерційні інформаційні системи за тематикою морського середовища та морської діяльності. Ці системи функціонують відокремлено одна від одної, що призводить до дублювання робіт і надмірності розробок. Можливість доступу до інформації обмежується її належністю до конкретної інформаційної системи.

Для вирішення цього питання згідно Указу Президента України від 12.10.2018 №320 було прийнято рішення про створення ДП СВНПО²²³. Необхідність створення такої системи на морі в інтересах сектору безпеки і оборони України було закріплено також у багатьох інших нормативних

²²³ Про невідкладні заходи щодо захисту національних інтересів на Півдні та Сході України, у Чорному та Азовському морях і Керченській протоці : Указ Президента України від 12 жовт. 2018 р. № 320/2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0011525-18#Text>

документах ²²⁴225226227228229. Крім того, Стратегією інтегрованого управління кордонами на період до 2025 року у якості однієї зі стратегічних цілей з реалізації державної політики у сфері інтегрованого управління кордонами визначено контроль за морською обстановкою, що забезпечує оперативне реагування на її зміни. При цьому у якості завдань щодо досягнення вказаної цілі визначено необхідність забезпечення розвитку спроможності системи висвітлення морської обстановки (збільшення зони покриття засобів спостереження; удосконалення системи збору, узагальнення, аналізу та обміну даними про обстановку; проведення заходів щодо забезпечення надійного функціонування комунікацій між взаємодіючими органами), скорочення часу реагування (оновлення та збільшення корабельно-катерного складу, авіації та інших технічних засобів з метою підвищення рівня оперативності реагування на ситуації на морі; запровадження раціональних нових підходів до планування застосування сил та засобів для збільшення тривалості часу їх перебування у морі (або на чергуванні); забезпечення ефективної логістики, взаємодії та постійної пошуково-рятувальної готовності на морі), проведення ефективних спільних міжвідомчих і міжнародних заходів та операцій (внесення змін щодо нормативного врегулювання порядку проведення спільних заходів для підвищення їх ефективності; забезпечення операційної та функціональної сумісності різномірних сил та засобів; проведення спільних заходів з підготовки персоналу, тренінгів та навчань; поширення співпраці з FRONTEX під час проведення операцій та обміну інформацією; використання можливостей міжнародного співробітництва в Чорноморському регіоні; удосконалити взаємодію під час пошуково-рятувальних операцій на морі)²³⁰.

План першочергових заходів з облаштування державного кордону визначав необхідність вирішення наступних питань: опрацювати питання щодо застосування на морі безпілотних плавальних засобів та можливості їх встановлення на кораблях, катерах і суднах забезпечення Морської охорони

²²⁴ Воєнна доктрина України : затвердж. Указом Президента України від 24 верес. 2015 р. № 555/2015. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/5552015-19443>

²²⁵ Доктрина застосування сил оборони держави : Наказ Верховного Головнокомандувача Збройних Сил України від 17 серп. 2018 р. № 20.

²²⁶ Морська доктрина України на період до 2035 року : затвердж. постановою Кабінету Міністрів України від 7 жовт. 2009 р. № 1307 (у редакції постанови Кабінету Міністрів України № 1108 від 18 груд. 2018 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1307-2009-%D0%BF#Text>

²²⁷ Стратегія Військово-Морських Сил Збройних Сил України 2035. URL: <https://navy.mil.gov.ua/strategiya-vijskovo-morskyh-syl-zbrojnyh-syl-ukrayiny-2035/#:~:text=>

²²⁸ Про затвердження плану першочергових заходів з облаштування державного кордону вздовж берегової лінії та забезпечення охорони територіального моря України в межах Донецької, Запорізької, Херсонської та Миколаївської областей : розпорядження Кабінету Міністрів України від 13 жовт. 2015 р. № 1068-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1068-2015-%D1%80#Text>

²²⁹ Концепція реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року : схвал. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 берез. 2011 р. № 238-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/238-2011-%D1%80#Text>

²³⁰ Про схвалення Стратегії інтегрованого управління кордонами на період до 2025 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 24 лип. 2019 р. № 687-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/687-2019-%D1%80#n279>

Держприкордонслужби та Військово-Морських Сил Збройних Сил; активізувати роботу із застосування літаків і вертольотів Держприкордонслужби, у тому числі сучасних зразків безпілотних літальних апаратів, для удосконалення процедури проведення моніторингу надводної обстановки²³¹.

Основними напрямками розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період було передбачено створення Єдиної системи висвітлення морської обстановки шляхом формування системи берегового спостереження за надводною обстановкою, висвітлення підводної обстановки та забезпечення технічної можливості доведення інформації про неї до всіх користувачів сектору безпеки та оборони в реальному часі, інтеграція їх до Єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил (C4ISR)²³².

Виходячи з вище вказаного, до основних завдань Єдиної системи висвітлення морської обстановки Збройних Сил України слід віднести наступні:

- постійне спостереження за обстановкою у підводному середовищі, на дні та на поверхні моря;
- ведення розвідки у визначених морських районах;
- навігаційне забезпечення застосування сил на морі;
- забезпечення заходів бойової підготовки флоту;
- пошук і нейтралізація морських мінних загороджень;
- здійснення пошукових заходів під час пошуково-рятувальних дій на морі;
- забезпечення дій сил спеціальних операцій;
- ураження малорозмірних підводних і надводних цілей;
- транспортування військових вантажів морем та інше.

Згідно Стратегії Військово-Морських Сил України до 2035 р. передбачалося поетапне нарощування спроможностей ВМС України. Зазначена Стратегія, що була презентована 28 листопада 2018 р. на Міжнародній конференції з питань морської безпеки, передбачала наступні етапи.

Перший етап (період до 2025 року) спрямований на розвиток спроможностей для встановлення контролю над територіальними водами та поза їх межами, орієнтовно до 40 морських миль від узбережжя України. На першому етапі головним пріоритетом визначено створення дієвої системи висвітлення обстановки та розвідки в ближній морській зоні. Здійснюється взаємний обмін інформацією з Організацією Північно-атлантичного договору і країнами-партнерами. Головним завданням першого етапу є забезпечення

²³¹ Про затвердження плану першочергових заходів з облаштування державного кордону вздовж берегової лінії та забезпечення охорони територіального моря України в межах Донецької, Запорізької, Херсонської та Миколаївської областей : розпорядження Кабінету Міністрів України від 13 жовт. 2015 р. № 1068-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1068-2015-%D1%80#Text>

²³² Про схвалення Основних напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 лип. 2017 р. № 398-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/398-2017-%D1%80#Text>

гарантованого контролю над територіальними водами у прибережній 12-мильній зоні.

Другий етап (період з 2025 до 2030 р.) спрямований на забезпечення відновлення та розвитку спроможностей для захисту національних інтересів України на морі в межах В(М)ЕЗ України, до 200 морських миль від узбережжя. Головним пріоритетом розглядається система висвітлення обстановки та розвідки, спроможності щодо постійного моніторингу надводної, підводної та повітряної обстановки в межах Чорного та Азовського морів, з можливістю передачі даних обстановки не лише національним користувачам, а й країнам-партнерам.

Третій етап (період з 2030 до 2035 р.) спрямований на подальший розвиток спроможностей першого та другого етапів, їх нарощування для захисту національних інтересів України за межами Чорного моря у Світовому океані. Головним пріоритетом цього етапу визначено Sea Control – забезпечення ефективного контролю визначеної ділянки моря в зоні інтересів України спільно із ВМС країн-членів НАТО та партнерів у підводному, надводному та повітряному просторах.

СВМО передбачає створення наступних її складових:

- берегової підсистеми для надводного спостереження з використанням радіолокаційних комплексів, радіотехнічних постів пасивної радіолокації, берегових рухомих радіолокаційних та оптико-електронних засобів виявлення надводних об'єктів;
- підсистеми підводного спостереження з використанням стаціонарних гідроакустичних комплексів та гідроакустичних комплексів для виявлення малорозмірних підводних об'єктів;
- корабельних комплексів надводного та підводного спостереження з використанням радіолокаційних засобів спостереження та цілеуказання, оптико-електронних засобів ближнього спостереження, гідроакустичних (не акустичних, сейсмо-акустичних) засобів та засобів мінного пошуку;
- повітряних (авіаційних, вертольотних, безпілотних) комплексів надводного та підводного спостереження з використання радіолокаційних засобів спостереження та цілеуказання, гідроакустичних засобів.

Відповідно до Державної цільової правоохоронної програми «Облаштування та реконструкція державного кордону» на період до 2020 р. визначено необхідність здійснення низки взаємопов'язаних заходів, спрямованих на відновлення, облаштування та реконструкцію державного кордону, зокрема щодо створення державної інтегрованої інформаційної системи висвітлення надводної і підводної обстановки в акваторії Чорного й Азовського морів та басейнах річок Дніпро і Дунай для своєчасного виявлення загроз та реагування на них. Зазначена програма передбачала: розбудову ДП СВНПО в акваторії Чорного і Азовського морів та басейнах річок Дніпро і Дунай з центром командування і управління на базі ВМС ЗС України; розвиток та модернізацію відомчих СВМО за принципами функціональної сумісності (інтероперабельності); інтеграцію відомчих

СВМО до ДП СВНПО в акваторії Чорного і Азовського морів та басейнах річок Дніпро і Дунай.

Функціонування цієї системи мало передбачати постійний моніторинг надводної та підводної ситуацій в операційних зонах відповідальності ВМС України, своєчасне виявлення загроз і прийняття відповідних управлінських рішень щодо порушення морських кордонів України.

Згідно наказу Міністерства інфраструктури України від 18.08.2017 № 284 «Про внесення змін до наказу Міністерства інфраструктури України від 25.04.2012 р. № 221» введено у дію нова редакція «Положення про функціонування єдиної системи моніторингу надводної обстановки з використанням автоматизованої ідентифікаційної системи на Чорному та Азовському морях у зоні відповідальності України». У зазначеному положенні визначено, що метою створення Єдиної системи моніторингу надводної обстановки з використанням автоматизованої ідентифікаційної системи (AIC) є підвищення рівня безпеки мореплавства у внутрішніх морських водах, територіальному морі і у морському пошуково-рятувальному районі України.

Система моніторингу повинна забезпечити її користувачів інформацією про місцезнаходження і рух морських суден. До складу системи моніторингу входять наступні організаційні установи (підприємства, служби) та функціональні структури:

Національний центр даних дальньої ідентифікації та контролю місцезнаходження суден казенного підприємства «Адміністрація морських портів України» (КП «МППС»);

Державна установа «Держгідрографія» (ДУ «Держгідрографія»);

Державне підприємство «Адміністрація морських портів України (ДП «АМПУ»);

річкова інформаційна служба «Дельта-лоцман»;

супутникова система AIC (отримання супутникових даних ДЗЗ та супутникової мережі зв'язку);

центральний сервер Системи моніторингу в м. Одеса;

запасний сервер Системи моніторингу в м. Київ;

мережа базових станцій AIC КП «МППС»;

мережа базових станцій AIC ДУ «Держгідрографія»;

мережа базових станцій AIC «Дельта-лоцман».

Інформація з базових станцій AIC повинна надходити до центрального і запасного серверів Системи моніторингу, а інформація від супутникової системи AIC до центрального серверу.

Необхідність та напрями взаємодії ДКАУ та ВМС закріплено низкою керівних документів, а саме зазначеною вище Концепцією реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року та Стратегією космічної діяльності України на період до 2022 року²³³.

²³³ Стратегія космічної діяльності України на період до 2022 року : затвердж. Наказом ДКА від 21 трав. 2015 р. № 100. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0100814-15#Text>

В цих документах визначені напрямки та конвергентні точки можливої взаємодії поміж ДКА України та ВМС ЗСУ:

1. Інтеграція космічних технологій в реальний сектор воєнно-морської діяльності ВМС ЗС України.

2. Ініціювання та пошук в середньостроковій та довгостроковій перспективі можливих шляхів залучення можливостей КА і систем орбітального угруповання військового, подвійного та комерційного призначення США та Європейського космічного агентства (European Space Agency, ESA) для роботи на користь ВМС ЗСУ (через взаємодію вітчизняних наукових та науково-дослідних інституцій, урядових контактів, співробітництва України з НАТО тощо).

3. Повна (або часткова) імплементація в загальний процес сил та засобів ДКА України у вирішенні спланованих завдань «Державної цільової оборонної програми створення ДП СВНПО в акваторії Чорного і Азовського морів та басейнах річок Дніпро і Дунай».

4. Нарощування спроможності існуючих постів спостереження вздовж узбережжя Чорного і Азовського морів, в тому числі за рахунок посиленої допомоги ДКА України в розгортанні на місцевостях, які належать ДКА України, ЗГРЛС з антеною типу фазованої антенної решітки.

5. Забезпечення оперативного та повноцінного отримання даних від КА з результатами геофізичного моніторингу магнітного поля Землі, тобто силового поля, виникнення якого зумовлене джерелами, що знаходяться як всередині земної кулі, так і навколоземному просторі (магнітосфері та іоносфері), в тому числі в районі Одеської магнітної аномалії, з метою оцінки її впливу на фізичні поля військових кораблів (ФПК) в ПБ та районах бойового застосування ВМС ЗС України.

Зазначені напрямки спільної діяльності між ДКАУ та ВМС ЗСУ закріплені у спільному наказі МО України та ДКАУ № 679 від 01.12.2015 р. «Про затвердження Інструкції про організацію обміну інформацією між Міноборони та ДКА». Протягом останнього асу ДКА (НЦУВКЗ) надає ВМС, ДПС, ДСНС та іншим споживачам інформацію про надводну обстановку з наступних питань:

- про знаходження плавзасобів у портах;
- про маршрути слідування плавзасобів;
- про порушення екологічних норм (забруднення водної поверхні);
- про знаходження та переміщення бурових платформ;
- про зміни берегової лінії тощо.

Всього в середньому в рік на запити споживачів виконується близько півтисячі замовлень на космічну зйомку.

Як зазначено в Стратегії космічної діяльності України, найбільша ефективність моніторингу досягається при об'єднанні засобів виявлення, супроводження, визначення координат і розпізнавання будь-яких цілей із використанням усіх наявних в країні сил та засобів. Згідно Стратегії Військово-Морських Сил України до 2035 р. основний напрямок розвитку ДП

СВНПО України передбачає створення берегової, підводної, корабельної та повітряної систем спостереження переважно з використанням різноманітних радіолокаційних систем та комплексів, які майже безпомічні в разі застосування супротивником комплексів радіоелектронної боротьби (РЕБ), наприклад, системи «Красуха».

Неузгодженість та недостатність можливостей радіотехнічних засобів та систем берегового спостереження України в Азовській та Чорноморській операційних зонах, а також неспроможність систем автоматичної ідентифікації Automatic Identification System (AIS) відслідковувати кораблі та судна, які не використовують трансподер або виключають його, значно обмежують можливості ДП СВНПО.

Таким чином, виникає необхідність пошуку додаткових джерел інформації для ДП СВНПО, яка дозволить забезпечити командування ЗСУ інформацією про противника, свої сили, район проведення операції (бойових дій) в реальному масштабі часу.

5.2. Аналіз закордонних систем висвітлення морської обстановки

З метою створення сучасної системи висвітлення морської обстановки в Україні доцільно розглянути досвід створення аналогічних систем у провідних морських державах, зокрема у США, Швеції, Італії, Румунії.

Система висвітлення морської обстановки США. Конгрес та воєнне командування США розглядає акваторію світового океану як простір для здійснення своєї політичної та воєнної діяльності. Через це одним із найважливіших завдань Міноборони США є моніторинг, контроль і добування інформації про морську обстановку у глобальному масштабі, здійснення постійного моніторингу на океанському просторі й добування інформації про діяльність сил імовірного противника.

Основною складовою системи управління силами й використання зброї є підсистема спостереження, яка дозволяє у близькому до реального або реальному масштабі часу вирішувати завдання виявлення і класифікації надводних, підводних і повітряних цілей, а також визначити першочергові об'єкти удару та видавати цілевказівки по ним. Воєнні конфлікти із застосуванням зброї в Іраку, Югославії, Афганістані показали, що для виведення із ладу системи управління військами противника достатньо вивести з ладу його засоби спостереження та висвітлення обстановки, протиповітряної оборони та ракетні комплекси. Такий підхід передбачає, насамперед, виявлення і постійне супроводження сил противника і доведення даних цілевказівок до своїх сил реагування і систем управління зброєю.

Основою інформаційної системи ВМС США є комплекс програмно-апаратно взаємопов'язаних систем спостереження, управління та зв'язку. До складу комплексу входять системи космічного, авіаційного, берегового та

корабельного спостереження, які своїми засобами повинні забезпечити виявлення всіх об'єктів на морі у будь-який час, визначити їх склад, курс та швидкість, класифікувати і визначити національну приналежність. Найбільш перспективною інформаційною за глобальністю охоплення простору і всебічному аналізу обстановки є тактична об'єднана система спостереження Integrated Tactical Surveillance System (ITSS)²³⁴.

Система ITSS створювалась на базі існуючих систем спостереження, які не повинні були припиняти своє функціонування. У загальному вигляді система складається з берегових (авіаційних, космічних) та корабельних ланок. Її загальна структура наведена на рис. 5.1.

ITSS отримує інформацію від значної кількості засобів спостереження і дає можливість використовувати відомості із загальної бази даних (БД) компонентам, які входять до системи. Вона побудована за принципом районування. Центральним органом корабельної ланки системи є інформаційні центри флагманських командних пунктів (ФКП) з'єднань. Інформаційні центри оснащуються засобами збору, обробки і розподілу інформації у районі діяльності з'єднання.



Рис. 5.1. Загальна структура об'єднаної системи спостереження ВМС США ITSS

²³⁴ Як Україна буде контролювати Чорне море: світовий досвід та власні технології. Шлях до розбудови в Україні ефективної системи висвітлення надводної та підводної обстановки. 2020. *Defense Express* : вебсайт. URL: https://defence-ua.com/weapon_and_tech/jak_ukrajina_bude_kontroljuvati_chorne_more_svitovij_dosvid_ta_vlasni_tehnologiji-2435.html

Для збору, обробки та висвітлення даних обстановки залучаються високоефективні швидкодіючі електронно-обчислювальні комплекси, які працюють у спеціальній телекомунікаційній мережі. Основними корабельними джерелами інформації є бойові інформаційні пости (БІП) і розвідувальний пост флагманського корабля. БІП призначені для збору, обробки і наочного представлення інформації, яка необхідна командирів корабля (з'єднання кораблів) та командним пунктам управління зброєю і кораблем у бойовій та повсякденній обстановці.

Оброблена інформація з усіх джерел автоматично направляється в спеціалізовані сервери системи збору, обробки й розподілу даних Navy Tactical Data System (NTDS). Літаки та вертольоти авіації ВМС і ВПС, які обладнані системою NTDS, видають інформацію по виявленим цілям безпосередньо на БІП кораблів. Подальшими напрямками удосконалення системи автоматичного обміну інформації стало впровадження більш швидкодіючої, з підвищеною пропускнуою спроможністю, системи передачі й розподілу даних Joint Tactical Information Distribution System (JTIDS), яка є єдиною для усіх видів Збройних Сил.

Джерелами отримання інформації про морську обстановку є:

- засоби космічних систем спостереження;
- засоби авіаційного спостереження, у тому числі безпілотні літальні апарати;
- корабельні засоби спостереження;
- пости (пункти) технічного спостереження та інші актуальні джерела.

Космічні засоби спостереження і розвідки США розробляються із середини 50-х років XX століття. За цей час створено декілька поколінь штучних супутників Землі (ШСЗ) з метою здійснення фото, радіо- та радіотехнічної розвідки. Супутникові системи забезпечують цілодобове спостереження за світовим океаном у будь-яких метеорологічних умовах, зокрема за діяльністю з'єднань та окремих кораблів, а також видають цілевказівку ударним силам. Інформація від усіх видів апаратури висвітлення обстановки космічної розвідки передається безпосередньо на берегові командні пункти та кораблі у морі за допомогою ретрансляторів на КА.

Засоби космічної розвідки здійснюють зйомку у оптичному (видимому), ультрафіолетовому, інфрачервоному (тепловому) спектрі та з використанням радарної зйомки. Основні характеристики знімальної апаратури систем космічного спостереження представлені в табл. 5.1.

В сучасних умовах загальне завдання виявлення знаходження плавзасобів включає:

- виявлення та визначення координат кораблів (у акваторіях та морських базах) та суден різних класів. Особливим завданням є здійснення контролю зон риболовства з виявленням фактів порушення правил його ведення, а також виявлення контрабандистів на плавзасобах малого тоннажу;
- визначення класу (типу) морських об'єктів;
- визначення курсу та швидкості пересування плавзасобів.

Таблиця 5.1 – Основні характеристики знімальної апаратури систем космічного спостереження

Знімальна система	Спектральний діапазон, мкм	Просторова розрізненість, м	Смуга огляду, км.
QuickBird	0.45-0.9	0.6/2.4	16.5
SPOT-5	0.5-1.7	1/3	28
ETM+/Landast	0.45-12.5	15/30/60	185
ASTER/TERRA	0.5-11.7	15/30/90	60
AWiFS/IRS-P6	0.52-1.7	56	740
MODIS/TERRA-AQUA	0.5-14.4	250/500/1000	2230
AVHRR/NOAA	0.6-12.5	1100	2600

Берегові системи розвідки та спостереження здійснюють спостереження й видачу цілевказівок системам управління зброєю у районах океанського простору, які прилягають до узбережжя. У цих зонах використовуються радіолокаційні станції (у тому числі і заобрійні) та безпілотні літальні апарати, які оснащені засобами радіотехнічної розвідки й радіолокації. До вирішення даного завдання залучаються також берегові засоби радіорозвідки. Автономно функціонуюча заобрійна радіолокаційна станція на узбережжі Австралії (м. Джиндейлі) із потужністю передавача 50 КВт у діапазоні 5,0...29,5 МГц може виявляти надводні та повітряні цілі на відстані до 2000 км від узбережжя.

Повітряна система розвідки та спостереження розглядається як доповнення до космічних засобів. На неї покладається вирішення таких завдань: спостереження за морською обстановкою та повітряним простором і сповіщення командних пунктів з'єднань, управління бойовими діями повітряних сил, видача цілевказівок ракетній зброї. Основу військово-повітряних сил спостереження та розвідки складають засоби висотних літаків TP-1, системи AWACS, палубних літаків RF-14A та RF-18.

Корабельні системи спостереження включають радіолокаційні, гідроакустичні та оптико-електронні засоби, які об'єднані у єдиний командний інформаційний центр.

Командний інформаційний центр (CIC-Combat Information Center), призначений для збору, обробки й відображення інформації. На посту зосереджується інформація про надводну, підводну, повітряну та радіоелектронну обстановку в межах зони дії технічних засобів корабля, а за допомогою NTDS збирається інформація в межах зони з'єднання.

У подальшому удосконалення системи здійснюється за двома програмами: супутникової системи зв'язку Fleet Satellite Communications System (FLTSATCOM); об'єднаної тактичної системи розподілу інформації Joint Tactical Information Distribution System (JTIDS). З метою забезпечення автоматичного обміну інформацією необхідно залучати радіолінію передачі даних системи "Link", модифікації якої залежать від призначення кораблів та авіації.

Система висвітлення морської обстановки Швеції. Шведська система спостереження й управління ВМС “Wall” створена за регіональним принципом і охоплює усе узбережжя Швеції. Загальна структура системи спостереження й управління ВМС Швеції “Wall” наведено на рис. 5.2.

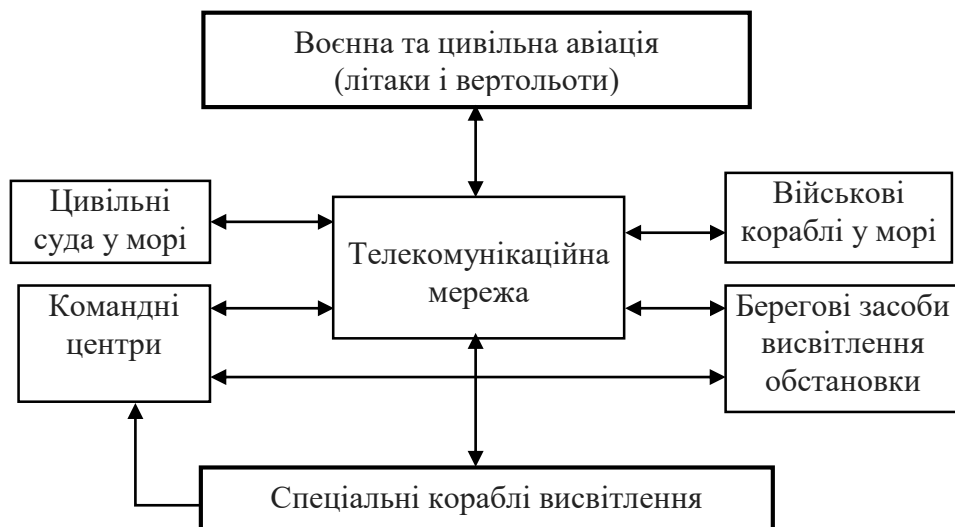


Рис. 5.2. Загальна структура системи спостереження й управління ВМС Швеції “Wall”

Система складається з двох регіональних центрів, яким підпорядковані пости спостереження. Вона призначена для спостереження, автоматизованого обміну інформацією й управління силами у операційній зоні ²³⁵. Зараз розгортається система “9CSI 600 Wall”, яка розроблена власною фірмою “Philippa electroni cindustrier”. Система має два регіональних центри, яким підпорядковані пости спостереження, і має велику швидкість передачі інформації, високу ступінь автоматизації процесів виявлення, обробки, передачі інформації та видачі цілевказівок.

Основу “9CSI 600 Wall” складають: командні центри, засоби виявлення (берегові, корабельні, авіаційні), засоби телекомунікації. На спеціалізованих екранах командних центрів у масштабі часу, близькому до реального, відображаються детальні характеристики виявлених цілей і своїх сил. Інформація передається із залученням апаратури засекреченого зв’язку та рознесенням за часом, частотою, фазою тощо. Система “9CSI 600 Wall” дозволяє одночасно супроводжувати до 400 цілей, із них 200 – автоматично. Систему спостереження й управління ВМС Швеції “Wall” відрізняє від інших велика швидкість передачі даних, високий рівень автоматизації процесів виявлення, обробки, передачі інформації та видачі цілевказівок.

Система висвітлення морської обстановки Італії. В Італії проблему

²³⁵ Шлях до розбудови в Україні ефективної системи висвітлення надводної та підводної обстановки.
Клівер : вебсайт. URL: <http://www.kliver.in.ua/контроль-за-морем-якою-має-бути-україн>

розбудови СВМО вирішено шляхом побудови берегової системи спостереження та організації роботи міжвідомчого центру зі збору та обробки інформації за надводною обстановкою в Середземному морі ²³⁶. Основу системи спостереження за надводною обстановкою Італії складають 10 автономних автоматизованих постів, 9 з яких обладнані радіолокаційними станціями типу TPS 756 та NAVICO. На десятому посту встановлено сучасну заобрійну радіолокаційну станцію типу RASS C з дальністю виявлення суден до 130 морських миль. Крім того, даний пост додатково обладнаний засобами оптико-електронного спостереження типу JANUS; інфрачервоними системами спостереження типу GABBIANO ISAR T-200C; засобами охорони та контролю. Також на всьому узбережжі Італії встановлені берегові станції системи AIS, що належать BMC Італії та силам берегової оборони, які повністю забезпечують контроль судноплавства в прибережній зоні.

Прибережні системи спостереження (CSS) використовують найновіше програмне забезпечення та обладнання, усі функції працюють в режимі реального часу надання інформації про діяльність, яка відбувається в прибережних районах. Пункти датчиків збирають дані з усього узбережжя країни. Датчики та кораблі берегової охорони можуть заповнити будь-які прогалини в покритті стаціонарних місць. Центри управління забезпечують загальну операційну картину відповідно до сфери їх відповідальності. Загальна структура системи прибережного спостереження Італії наведена на рис. 5.3.

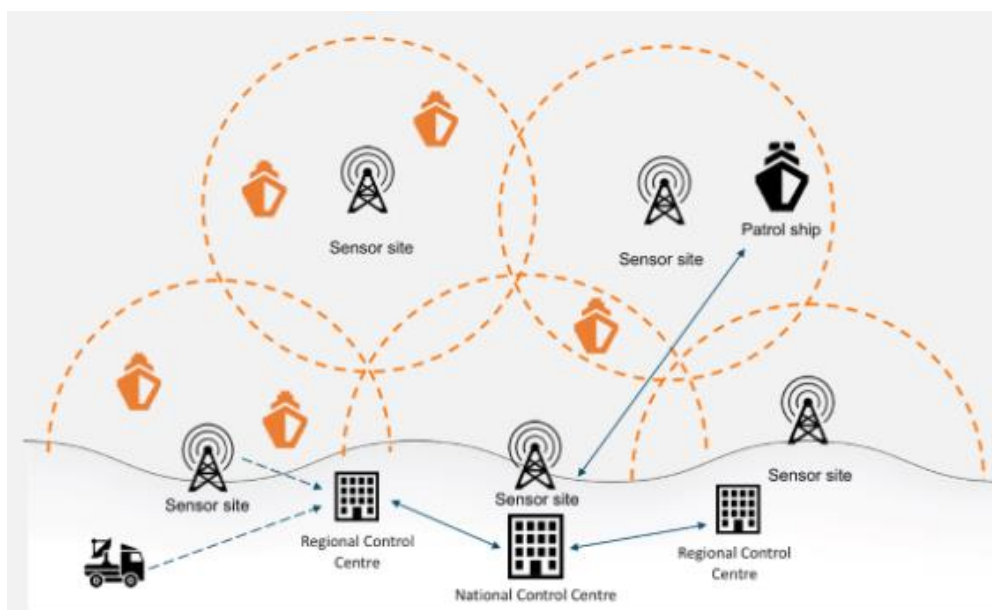


Рис. 5.3. Загальна структура системи прибережного спостереження Італії

Національний центр контролю отримує сукупну інформацію для

²³⁶ Difesa: вебсайт військово-морських сил Італії. URL: <http://www.difesa.it/Pagine/default.aspx>

прийняття рішень найвищого рівня. Накази про перехоплення можуть бути доставлені безпосередньо на патрульні судна. Системи забезпечують повний контроль над районом узбережжя, надаючи точне виявлення, відстеження та ідентифікацію малих і швидкісних цілей, які потрапляють в прибережну зону. CSS гарантує повне розуміння ситуації на березі, тим самим запобігаючи незаконним заходам, одночасно захищаючи життя на морі, навколишнє середовище та критичну наземну інфраструктуру від зловмисників.

На загальнонаціональному рівні контроль надводної обстановки здійснюють ВМС, берегова охорона, митна та державна поліція, карабінери. З метою отримання повної ситуаційної інформації про морську обстановку впроваджується проект “Система міжвідомчого інтегрованого морського нагляду” (SIIMS).

Система висвітлення морської обстановки російської федерації. Особливої уваги потребує аналіз наявної СВМО рф. З метою максимального висвітлення надводної обстановки Військово-Морського Флоту рф (ВМФ рф) активно створює та використовує дві системи: єдина система висвітлення інформації про морську обстановку (ЄСВІМО) та єдина державна система висвітлення надводної та підводної обстановки (ЄДВНПО). ЄСВІМО призначена для інформаційного забезпечення морської діяльності на основі інтеграції і раціонального використання комплексів і засобів різного підпорядкування. Вона створювалася відповідно до програми «Світовий океан» і успішно працює з 2013 року. ЄСВІМО тісно взаємодіє з Єдиною космічною системою (ЄКР). Загальна структура системи прибережного спостереження ЄСІМО наведено на рис. 5.4.



Рис. 5.4. Загальна структура системи прибережного спостереження ЄСІМО

ЄДВНПО створена для підвищення оперативних можливостей ВМФ рф

із забезпечення безпеки морської діяльності у важливих для Росії акваторіях. Розробка системи включена в ухвалену в грудні 2010 року «Стратегію розвитку морської діяльності рф до 2030 року».

Система ЄДВНПО складається з наступних інформаційних систем:

- системи висвітлення обстановки (СВО) ВМФ;
- автоматизованої радіолокаційної системи берегової охорони прикордонних органів федеральної служби безпеки;
- космічної системи дистанційного зондування Землі (КС ДЗЗ);
- єдиної системи контролю і управління судноплавством на басейнах, глобальної автоматизованої системи моніторингу і контролю за місцем розташування російських морських і змішаного (ріка - море) плавання суден, систем (служб) управління рухом суден в морських портах і прилеглих до них акваторіях і берегових підсистем автоматизованих ідентифікаційних систем росморречфлота та інших судновласників;
- галузевої системи моніторингу водних біологічних ресурсів, спостереження і контролю за діяльністю промислових суден росриболовства;
- автоматизованої інформаційно-керуючої системи єдиної державної системи попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій та системи зв'язку МНС росії;
- єдиної державної системи інформації про обстановку в Світовому океані, координатором якої є росгідромет;
- федеральної системи розвідки і контролю повітряного простору рф, а також базових інформаційно-керуючих систем:
- єдиної захищеної системи телекомунікаційної середовища органів державної влади рф;
- автоматизованої системи управління і системи зв'язку Збройних Сил рф;
- єдиної системи навігаційно-часового забезпечення;
- федеральної системи моніторингу природних ресурсів, стратегічно важливих і (або) небезпечних об'єктів рф;
- єдиної системи гідрометеорологічного забезпечення рф.

Для вирішення завдань контролю надводної обстановки у росії протягом значного періоду часу використовуються КА з засобами радіолокаційного бокового спостереження (засоб РБС типу «Космос-1500», Ресурс-О»), засоби РБС системи морської космічної розвідки та цілевказання у складі КА УС-А, УС-АМ. Бортові радіолокаційні комплекси «Чайка» забезпечують автоматичне виявлення кораблів та селекцію сигналів з суші.

Для контролю надводної обстановки в рф широко використовуються можливості КА Sentinel-1, зокрема в частині:

- полярометричної зйомки з полосою від 100-200 до 300-600 км;
- визначення малорозмірних плавзасобів з розмірами від 3 м (при проведенні пошуково-рятувальних операцій), 15-35 м (при здійсненні контролю за риболовством та 8-50 м (при виявленні фактів контрабанди, порушення морського державного кордону.

Завдання знаходження плавзасобів включає:

- виявлення і визначення координат кораблів (у акваторіях та морських базах) та суден різних класів;
- здійснення контролю зон риболовства з виявленням фактів порушення правил його ведення, а також виявлення контрабандистів на плавзасобах малого тоннажу;
- визначення класу (типу) морських об'єктів;
- визначення курсу та швидкості пересування плавзасобів.

Фактично ЄСВІМО є основою, що дає загальну картину обстановки в Світовому океані, на яку накладаються дані, одержані по каналах ЄДВНПО. Насамперед йдеться про місцезнаходження підводних об'єктів – своїх та ймовірного противника. Основою для прийняття рішень в сфері морської діяльності на всіх рівнях державних управлінських структур рф є інформаційне забезпечення і забезпечення зазначених структур оперативною інформацією про обстановку в необхідних районах Світового океану.

Для вирішення задач з контролю підводної обстановки в системі використовуються гідроакустичні комплекси та станції (ГАК та ГАС). Для приклада наведено схему зони покриття ними акваторії Азово-Чорноморському регіону (рис. 5.5). Таким чином, рф готує підводний плацдарм для тотального висвітлення підводної обстановки Чорного та Азовського морів.

З метою виявлення, розпізнавання, супроводу різних типів надводних об'єктів, обробки інформаційних даних та обмін інформацією у військових цілях росією використовуються наступні стаціонарні комплекси та засоби моніторингу надводної обстановки: автоматизований автономний радіотехнічний пост (АРТП) комплексу моніторингу обстановки «Гавань»; автоматизовані комплекси моніторингу обстановки і передачі даних «Перехоплення», «Перехоплення-С», «Перехоплення-С» (Ф-Д2») та «Перехоплення-О».

Для здійснення моніторингу надводної та наземної обстановки на віддалених ділянках узбережжя, обробки інформаційних даних та обміну інформацією у військових цілях росією використовуються наступні мобільні комплекси та засоби:

- мобільний автоматизований радіотехнічний комплекс моніторингу обстановки «Альбатрос»;
- мобільний автоматизований радіотехнічний комплекс моніторингу обстановки «Ратник»;
- мобільний комплекс моніторингу обстановки «Звіробій»;
- спеціальний патрульний комплекс моніторингу місцевості «Амулет», «Амулет-А», «Амулет-К»;
- мобільний комплекс моніторингу обстановки «Редут».

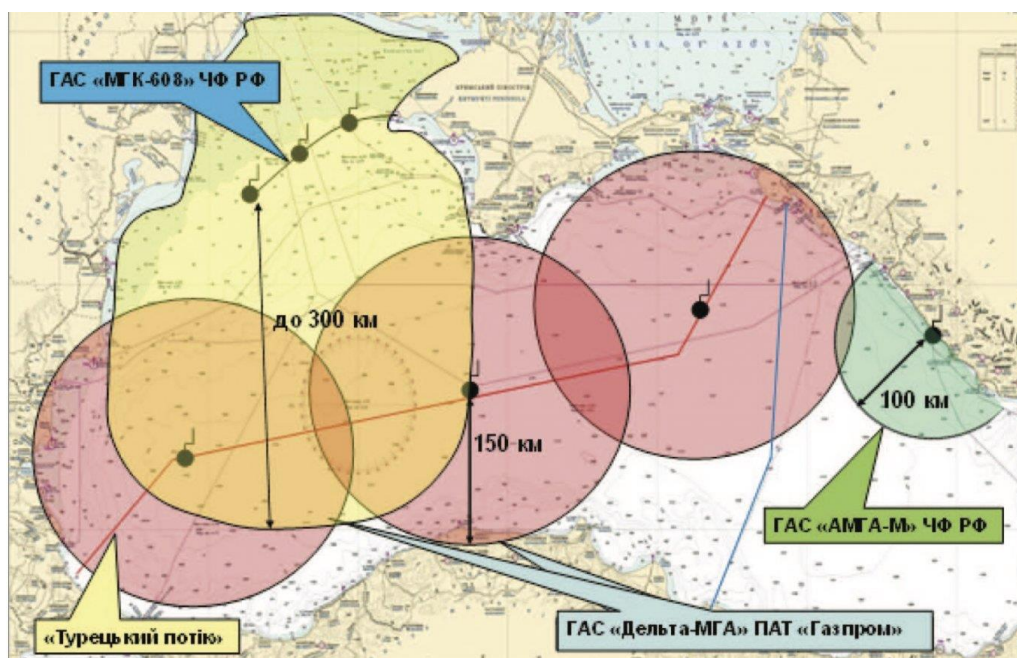


Рис. 5.5. Схема зони покриття акваторії Азово-Чорноморському регіону гідроакустичними станціями рф

В зазначених стаціонарних та мобільних комплексах моніторингу надводної та наземної обстановки використовуються: берегова радіолокаційна станція «Рапан», радіолокаційна станція (модуль) «Роса», засоби оптико-електронного спостереження (модулі) великої дальності «Фокус – Д» («Фокус – Д2») та середньої дальності «Фокус – С».

За рахунок діючих стаціонарних та мобільних комплексів моніторингу надводної та наземної обстановки росія може здійснювати оперативне нарощування потенціалу системи висвітлення надводної обстановки шляхом розміщення РЛС та оптико-електронних засобів спостереження на стаціонарних та мобільних об'єктах берегової морської інфраструктури, забезпечити контроль обстановки на віддалених морських та сухопутних (річних, озерних) ділянках місцевості для виявлення, розпізнавання та супроводження різних типів надводних та наземних об'єктів, здійснювати контроль охоронної зони об'єктів, моніторити міжнародне судноплавство та дії кораблів ВМС інших країн, оперативно видавати необхідну інформацію силам ВМФ рф для виконання бойових завдань.

Система висвітлення морської обстановки Румунії. Цікавим і корисним для України є румунський досвід, адже Румунія вже у 2009 році запровадила інтегровану систему спостереження, безпеки та контролю за державним кордоном і трафіком на Чорному морі SCOMAR (Sistemul Integrat de Observare, Supraveghere și Control la MAREa Neagră). Загальна вартість

проекту склала 24,60 мільйонів євро²³⁷.

Розвиток системи охорони кордону і узбережжя Румунії дуже важливий у зв'язку зі збільшенням трафіку на Чорному морі та загрозою вторгнення з моря, контрабандною діяльністю. SCOMAR складається з двох підсистем: прикордонної поліції та морських сил (МС). Система SCOMAR – це система, що інтегрована з 5 складових: компонентів наземного, надводного, повітряного спостереження, командного та реагувального елементів. Її відрізняє постійна цілодобова готовність, що забезпечує тактичний образ надводної, наземної і повітряної обстановки на морському кордоні у Чорному морі, румунському секторі Східного Дунаю та дельті Дунаю.

Система SCOMAR є результатом інтеграції різних підсистем: системи станцій датчиків, засобів перехоплення, Центру командування та контролю. Система SCOMAR складається з наступних основних елементів:

- центру управління і контролю (ССС), який розташований у штаб-квартирі прикордонної поліції Констанца. Центр ССС збирає всю інформацію в системі і відправляє її в Національний центр управління та іншим центрам прийняття рішень;

- місцевих центрів спостереження, розташованих уздовж узбережжя, включаючи датчики та місцеву інфраструктуру.

Розташування елементів системи SCOMAR у акваторії Чорного моря наведено на рис. 5.6. До складу системи SCOMAR входять наступні технічні засоби:

- підсистеми головних трьох координатних радіолокаційних комплексів викриття цілей на далеких відстанях;

- підсистеми допоміжних комплексів надводного спостереження (трьохкоординатні РЛС виявлення надводних та низьколітаючих цілей, навігаційні РЛС, системи протимінного спостереження);

- підсистеми протичовнового спостереження (Sound Black Sea Surveillance System) – берегові та мобільні гідроакустичні комплекси, у тому числі з базуванням на повітряних та морських платформах; підсистеми розвідки, у тому числі берегові пости радіоелектронної розвідки та корабель розвідки і радіоелектронної боротьби;

- підсистеми радіоелектронної боротьби;

- підсистеми оптичного та оптико-електронного спостереження (отримання, обробки та використання зображень);

- підсистеми розпізнавання «свій – чужий»;

- підсистеми радіаційного, хімічного та біологічного спостереження та захисту;

- штабна підсистема;

- підсистеми збирання, обробки, аналізу та зберігання інформації;

- підсистеми зв'язку та розповсюдження інформації (забезпечує зв'язок всередині системи, зв'язок зі зовнішніми джерелами – літаками системи

²³⁷ Інтегрована система спостереження, та контролю руху на Чорному морі SCOMAR. URL: <https://www.politiadefrontiera.ro/en/main/pg-integrated-system-fo-robser>

AWACS, базової патрульної авіації, супутників тощо, зв'язок зі зовнішніми споживачами;

– системи управління зброєю та відображення обстановки, поточного інформування командування ВМС Румунії;

– підсистеми графічної обробки інформації.



Рис. 5.6. Розташування елементів системи SCOMAR у акваторії Чорного моря

Оперативно-функціональними елементами системи SCOMAR є спостережні вежі та бортові комплекси. Вони мають необхідну кількість датчиків, радіостанцію, ідентифікаційну станцію, локальну мережу зв'язку, сервер та консоль оператора ²³⁸.

Загалом в інтересах наземного компонента спостереження підсистеми прикордонної поліції побудовано 8 спостережних веж висотою 20 м, обладнаних 8 РЛС Х-діапазону та 8 оптико-електронними системами Raytheon. Серед оптико-електронних систем обрано комплекс ThermoVision Sentry II фірми FLIR, який забезпечує контроль надводної обстановки у відкритому морі на дальність до 6 км в діапазоні від 7,5 до 13 μm . Загалом система дає можливість спостерігати за об'єктом з використанням телевізійного та інфрачервоного пристроїв по азимуту на 360°, по куту місця

²³⁸ Мазур В. Ю., Алієв Р. В. Аналіз систем висвітлення надводної обстановки морських держав. *Зб. наук. праць Харківського нац. університету Повітряних Сил*. 2018. № 1 (55). С. 116–121.

від -35° до 60° . Оптика пристрою забезпечує 18 кратне збільшення зображення та 12 кратне з використанням електронного зуму²³⁹.

На рис. 5.7 наведено зовнішній вигляд одного з елементів спостереження за надводною обстановкою системи SCOMAR.



Рис. 5.7. Зовнішній вигляд одного з елементів системи спостереження за надводною обстановкою SCOMAR

Для ведення гідролокаційної розвідки в системі SCOMAR застосовується підводний компонент – комплекс Cerberus 360 фірми QnetiQ, який забезпечує виявлення підводних об'єктів на дальності до 700 м. До складу надводного компонента спостереження підсистеми прикордонної поліції системи SCOMAR увійшли 10 патрульних кораблів.

Повітряний компонент спостереження за надводною обстановкою представлений гелікоптерами спецпідрозділу авіації прикордонної поліції МАВС. Надалі планується закупівля у фірми Raytheon патрульних літаків типу КА 350ER. До складу компонента реагування підсистеми прикордонної поліції МАВС увійшли три складові: морська – 31 судно; наземна – 88 транспортних засобів; повітряна – гелікоптери спецпідрозділу авіації МАВС.

Систему зв'язку між функціонально-оперативними складовими підсистеми прикордонної поліції розробила та реалізувала італійська фірма SALEX COMUNICATION SA. В основу було покладено розгортання опорної радіорелейної системи зв'язку між складовими підсистеми прикордонної поліції зі швидкістю передачі інформації в каналах зв'язку 4 МБ/с. З метою реалізації командного компонента підсистеми прикордонної поліції МАВС на

²³⁹ Як Україна буде контролювати Чорне море: світовий досвід та власні технології. URL: https://defence-ua.com/weapon_and_tech/jak_ukrajina_bude_kontroljuvati_chorne_more_svitovij_dosvid_ta_vlasni_tehnologiji-2435.html

території управління прикордонної поліції в м. Констанца збудовано центр управління та контролю (ЦУК). Він обладнаний засобами обробки й відображення розвідувальних відомостей від компонентів спостереження та необхідними засобами зв'язку.

Підсистема морських сил системи SCOMAR, яка перебуває у розпорядженні Міністерства національної оборони (МНО) Румунії, містить наступні засоби:

–РЛС середньої та дальньої зони виявлення об'єктів від 40 до 200 морських миль;

–засоби радіорозвідки та пеленгування;

–засоби ідентифікації (ідентифікатори «свій-чужий»);

–засоби гідрокаційної розвідки;

–засоби РХБ розвідки;

–гелікоптери IAR-330 PUMA-NAVAL (ПКС) та компонент реагування.

Наземний компонент спостереження підсистеми МС Румунії містить дві РЛС SWR-503, призначені для контролю надводної й повітряної обстановки в межах 200-мильної В(М)ЕЗ. Система SCOMAR є вискоєфективним засобом контролю та реагування на зміни в обстановці в акваторії та повітряному просторі Чорного моря. До ключових переваг цієї системи можна віднести:

- здатність формувати загальну картину обстановки в зоні відповідальності в реальному масштабі часу;

- наявність всіх 5 компонентів у кожній із підсистем, що робить їх незалежними одне від одного, а взаємодія здійснюється на технічному рівні щодо даних компонентів спостереження;

- використання однотипних засобів зв'язку, що забезпечує високу інтероперабельність підсистем системи SCOMAR;

- забезпечення виконання програми створення системи циркуляції єдиної інформації про морський та річковий рух, яка являється однією з умов вступу Румунії до Шенгенської зони.

Таким чином, Румунія отримала можливість здійснювати тотальний контроль за військовою та економічною сферами діяльності всієї західної частини акваторії Чорного моря²⁴⁰.

5.3. Характеристика морської діяльності в акваторіях Чорного та Азовського морів

Початок ХХІ століття характеризується безперервним зростанням масштабів освоєння природних ресурсів Світового океану, що відіграє важливу роль у економічному розвитку кожної країни. Розвиток морської

²⁴⁰ Як Україна буде контролювати Чорне море: світовий досвід та власні технології. URL: https://defence-ua.com/weapon_and_tech/jak_ukrajina_bude_kontroljuvati_chorne_more_svitovij_dosvid_ta_vlasni_tehnologiji-2435.html

діяльності є одним з основних економічних факторів геополітики. Морські природні ресурси як за різноманітністю, так і за потенційними запасами набагато перевищують ресурси суші. В той же час вони є обмеженими і вимагають раціонального підходу та регулювання їх використання. Під морською діяльністю розуміється діяльність держав в галузі виявлення, освоєння і використання Світового океану в інтересах їх безпеки, сталого економічного і соціального розвитку.

Відповідно до Конвенції ООН з морського права 1982 р., під морською діяльністю слід розуміти активність, яка реалізується на морській акваторії. При цьому основними видами морської діяльності визначається наступна діяльність ²⁴¹:

- військово-морська діяльність;
- морські перевезення;
- морське промислове рибальство;
- розробка корисних копалин на дні та в надрах;
- морські наукові дослідження;
- захист морського середовища;
- прокладка підводних кабелів і трубопроводів;
- виробництво енергії шляхом використання води, течій і вітру;
- створення і використання штучних островів, споруд, установок.

Морська діяльність України у акваторіях Чорного і Азовського морів складається з:

Морської діяльності в галузі виявлення, освоєння і використання морів в інтересах національної безпеки, сталого економічного та соціального розвитку держави.

Морегосподарської діяльності – тобто морської діяльності в Україні, яка пов'язана з усіма виробничими її видами, крім військово-морської і морської науково-дослідної діяльності.

Військово-морської діяльності, а саме діяльності Військово-Морських Сил України під час миру з метою забезпечення військово-політичних інтересів і безпеки держави у відповідності з основними принципами і нормами міжнародного права і національного законодавства.

Морської науково-дослідної діяльності, що пов'язана з науковими дослідженнями континентального шельфу, В(М)ЕЗ Чорного і Азовського морів, морських біологічних і мінеральних ресурсів, динаміки розвитку екосистеми, проблем гідрометеорології, навігаційно-гідрографічного, аварійно-рятувального, інформаційного забезпечення морської діяльності та інших досліджень, проведення яких визначається міжнародно-правовим режимом.

Морської дипломатії (політики), яка спрямована на забезпечення використання ресурсів Чорноморсько-Азовського басейну для досягнення

²⁴¹ Трунін К. Структура море господарського комплексу України. *Зб. наукових праць НУК*. 2014. № 1. С. 120–125. URI: <http://jnn.nuos.edu.ua/article/view/24673/>

зовнішньополітичних і зовнішньоекономічних цілей України та захисту національних інтересів.

Для забезпечення всебічного та безперервного контролю морської діяльності згідно Морської доктрини України або відповідно до Конвенції ООН з морського права доцільне використання в СМНО наявних в Україні даних ДЗЗ з національних та іноземних КА.

Потенційні запаси енергоресурсів на українському шельфі Чорного моря оцінюються у 2,3 млрд. тонн умовного палива, що, за даними Державної служби геології та надр України, становить близько 40% усіх енергетичних запасів України (5 трлн. м³ газу і 760-770 млн. т нафти). При цьому запаси енергоносіїв на українській ділянці шельфу Чорного моря розвідані лише на 4-5 %²⁴². За даними Державної служби геології та надр України на шельфі Чорного і Азовського морів до 2014 р. щорічно видобувалось близько 1 млрд. м³ природного газу і 70-90 тис. т. газового конденсату або легкої нафти. В приморському регіоні України перебуває також понад 100 родовищ морських пісків (у тому числі лиманних пісків). Найбільшими з них є «Одеська банка», «Алібейське» і «Джарилгацьке», запаси яких складають відповідно 17,0 млрд. м³, 360 млн. м³ і 150 млн. м.³

Під час анексії Криму РФ були захоплені бурові морські платформи і вежі, внаслідок чого природні багатства України почали використовуватись країною-агресором. Захоплені російським спецназом в березні 2014 р. видобувні платформи стали також використовуватись для ведення радіо- і радіотехнічної розвідки ЧФ РФ (рис. 5.8 і 5.9)²⁴³.



Рис. 5.8. Одна з захоплених РФ бурових морських стаціонарних платформ у виключній морській економічній зоні України



Рис. 5.9. Корабель ЧФ РФ патрулює біля захопленої бурової платформи у виключній морській економічній зоні України

²⁴² Концепція реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року : затвердж. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 берез. 2011 р. № 238-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/238-2011-%D1%80#Text>

²⁴³ Морська газова інфраструктура російській протидії НАТО на східному фланзі, потенціал гібридного використання у Чорному та Балтійському морях / Буртомістренко А., Гайдук С., Гончар М., Лакійчук П. *Чорноморська безпека*. 2018. № 2 (32). С. 4–22. URL: <https://geostrategy.org.ua/chornomorska-bezpeka/chornomorska-bezpeka-2-32-2018/836>

Найбільш ефективним способом ведення спостереження за піратськими діями росії у акваторіях Чорного та Азовського морів є використання космічних систем ДЗЗ. В підтвердження цього можливо навести два показових приклади результатів моніторингу морської діяльності НЦУВКЗ за даними космічної зйомки.

З квітня 2014 р. по березень 2021 р. у Прикерченському нафтогазоносному районі акваторії українського шельфу Чорного моря було виявлено знаходження 659 од. плавзасобів та виявлено 43 факти перевалки вантажів з суден у відкритому морі (рис. 5.10).

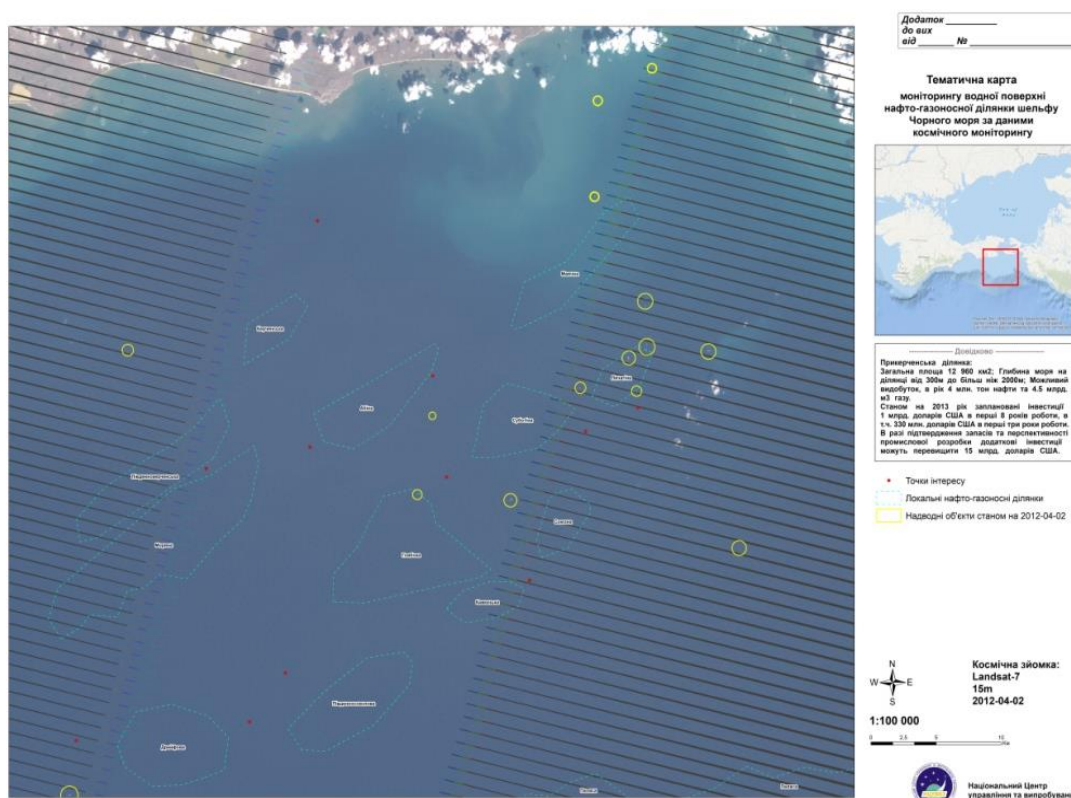


Рис. 5.10. Тематична карта за результатами космічної зйомки з виявлення діяльності рф у нафтогазовому районі Чорного моря

Станом на 12.05.2019 р. на супутниковому знімку зафіксовано знаходження 2-х суден у квадраті за координатами $45^{\circ}51'36.0''N$ $33^{\circ}05'24.0''E$ та $45^{\circ}52'12.0''N$ $33^{\circ}09'36.0''$, а саме: судно №1 – прикордонний сторожовий корабель (ПСКР) берегової охорони росії та судно №2 – земснаряд, яке здійснює незаконний видобуток піску у Каркінітській затоці на Бакальській банці (рис. 5.11 та 5.12).

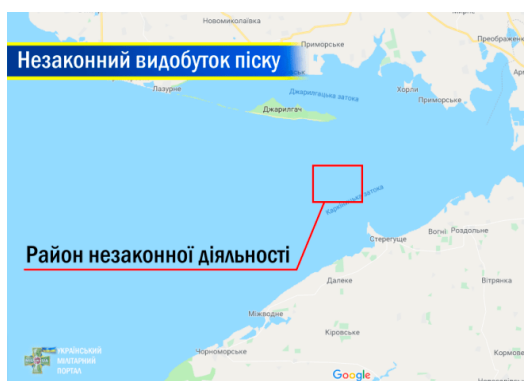


Рис. 5.11. У територіальних водах України у 14 км від острова Джарилгач зафіксовано незаконний видобуток піску



Рис. 5.12. Супутниковий знімок з КА Sentinel Hub станом на 12.05.2019 р.

Результати наведених прикладів доводять, що Росія здійснює не лише видобуток газу та нафти, а поширює свою діяльність на освоєння нових місць видобутку піску у територіальних водах України.

5.4. Аналіз можливостей та оцінка ефективності системи висвітлення морської обстановки України

Основу існуючої системи висвітлення надводної обстановки складає її стаціонарна компонента у складі постів технічного спостереження (ПТС) ДПС України, розгорнутих по узбережжю морів. На цих постах ведеться постійне радіолокаційне спостереження (особливо в темний час доби та вдень в умовах обмеженої візуальної видимості). В залежності від габаритних розмірів плавзасобів та умов місцевості, на яких розташовані ПТС, середня дальність виявлення надводних цілей може становити не менше 40–80 кабельтових (7,5-15 км). Візуальне спостереження здійснюється в світлий та темний час доби за допомогою приладів нічного бачення та тепловізорів.

СВМО ДПСУ складається з чотирьох рівнів:

- перший – Адміністрація Державної прикордонної служби;
- другий – регіональні управління;
- третій – органи охорони державного кордону, загони Морської охорони (Мо);
- четвертий – підрозділи охорони державного кордону (пости технічного спостереження), кораблі (Кр) та катери (Ка) Мо, авіація Державної прикордонної служби.

Таким чином, СВМО ДПСУ являє собою впорядковану сукупність складових, які на основі визначених завдань і правил діють як єдине ціле для

задоволення інформаційних потреб персоналу структурних підрозділів ДПСУ з питань моніторингу надводної обстановки і включає в себе:

- систему спостереження ДПСУ (прикордонні наряди, КаМО, КрМО, літаки й вертольоти прикордонного відомства);
- оперативні чергові служби органів та підрозділів охорони кордону і регіональних управлінь ДПСУ;
- систему зв'язку ДПСУ;
- окремі джерела інформації, що за узгодженими та затвердженими планами взаємодії сприяють ДПСУ у висвітленні обстановки на морі (судна та агентства Міністерства інфраструктури).

Технічне спостереження за надводною обстановкою здійснюють кораблі (катери) ВМС ЗС України, кораблі та катери Морської охорони ДПС України, які виконують завдання у морі.

Стаціонарну систему висвітлення надводної обстановки доповнюють мобільні засоби, а саме пересувні радіолокаційні станції ВМС ЗСУ, які дозволяють оперативно нарощувати радіолокаційне поле на загрозливих напрямках. Візуальне спостереження здійснюється як постами технічного спостереження ДПС України, так і додатковими спостережними постами, виділеними від підрозділів ДПС України та ВМС ЗС України, розгорнутими на узбережжі. Дальність візуального виявлення цілей залежить від часу доби та погодних умов та може досягати 10 миль.

Таким чином, на основу існуючої системи висвітлення надводної обстановки складає її стаціонарна компонента у складі постів технічного спостереження (ПТС) ДПС України та РЛС ВМС України та інших суб'єктів, розгорнутих по узбережжю морів (рис. 5.13).

Основні завдання СВМО ДПС України наступні:

1. Формування єдиної несуперечливої картини надводної обстановки.
2. Забезпечення посадових осіб оперативною, узагальненою та спеціалізованою інформацією про надводну обстановку в територіальному морі України (12 морських миль), внутрішніх водах в акваторії Чорного моря та контрольованій частині Азовського моря, у виключній (морській) економічній зоні (з зовнішніми кордонами континентального шельфу).
3. Підтримка функцій повсякденного управління силами та засобами Морської охорони ДПС та дій при ускладненні обстановки на державному кордоні.
4. Підтримка функцій оповіщення про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.
5. Підтримка функцій управління в ході пошуково-рятувальних операцій та взаємодії з силами та засобами інших відомств.
6. Моніторинг надводної обстановки.
7. Оцінка обстановки, опрацювання прогнозів її розвитку, підготовка та прийняття управлінських рішень, у тому числі щодо розв'язання кризових ситуацій та подолання наслідків стихійних лих.
8. Обмін даними обстановки із взаємодіючими органами виконавчої

влади, діяльність яких пов'язана з морською сферою.

9. Інформування у встановленому порядку про передумови і характер виявлених можливих надзвичайних ситуацій.

10. Контроль за функціонуванням системи спостереження²⁴⁴.



Рис. 5.13. Загальна схема системи прибережного спостереження існуючої системи висвітлення надводної обстановки України засобами ДПС України та ВМС України

Система висвітлення надводної обстановки ДПСУ повинна забезпечити виконання наступних завдань у сфері прикордонної безпеки:

1. Патрулювання державного кордону, контрольованих прикордонних районів, територіального моря та виключної (морської) економічної зони (В(М)ЕЗ), контроль зон якірних стоянок кораблів, забезпечення дій оглядових підрозділів на воді.

²⁴⁴ Мазур В. Ю., Боровик О. В. Методичні основи формування концепції розбудови системи висвітлення надводної обстановки на морській (річній) ділянці в контексті забезпечення прикордонної безпеки. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2017. № 3 (30). С. 137–145.

2. Екологічний моніторинг, захист морських біологічних ресурсів у територіальному морі та В(М)ЕЗ, природних ресурсів у прикордонних районах.

3. Пошуково-рятувальне забезпечення.

4. Щоденний системний моніторинг на визначених напрямках.

5. Здійснення контролю за перебуванням суден у територіальному морі за планом Морської охорони.

6. Передавання інформації в режимі реального часу.

7. Створення цілісної системи повітряного спостереження у Державній прикордонній службі України та інтенсивне їх використання на всій протяжності всього кордону та у В(М)ЕЗ з передаванням інформації у режимі реального часу до центрів керування службою.

8. Виконання патрульних завдань у В(М)ЕЗ, літаками середнього класу за неможливості застосування легких літаків через несприятливі метеорологічні умови.

9. Застосування системи повітряного спостереження Державної прикордонної служби України для управління екіпажами.

10. Застосування Державної інтегрованої інформаційної системи висвітлення надводної і підводної обстановки в акваторії Чорного і Азовського морів та басейнах річок Дніпро і Дунай для виявлення загроз та прийняття відповідних управлінських рішень.

Враховуючи географічне розташування військово-морських баз ВМС України та ЧФ ВМФ РФ очевидним стає той факт, що основна увага ВМС України має зосередитись на ділянці Чорного моря від Одеси до Севастополя (приблизно 150 миль в довжину), а також Маріуполь/Бердянськ – підходи до Керченської протоки (100 миль) на Азовському морі. Тому у цих зонах повинні бути розташовані основні сили та засоби висвітлення надводної обстановки.

Виходячи з того, що існуючі радіолокаційні та оптико-електронні засоби спостереження за надводною обстановкою мають обмежену дальність виявлення цілей (від 3 до 17 морських миль в залежності від типу цілі), вони можуть використовуватись лише у ближній (прибережній) морській зоні для ведення детальної розвідки. Здійснювати оглядову розвідку у дальній морській зоні вони неспроможні.

У якості прикладу для забезпечення СВНПО в ДПСУ можна вказати обладнання одного з постів технічного спостереження РЛС «Наяда-5» з наступними можливостями щодо виявлення надводних цілей: велика ціль – 17 морських миль (31,5 км); середня ціль – 7,5 морської милі (13,9 км); мала ціль – 3 морські милі (5,6 км).

Також, наприклад, на ПТС у Маріуполі із грудня 2016 року розгорнута новітня система оптоелектронного спостереження AEROS із дальністю виявлення надводних цілей до 50 кілометрів, цифровою стабілізацією оптичного та радіолокаційного каналів виявлення цілей, системами раннього їх виявлення, попередження та ідентифікації. AEROS була розроблена у

співпраці з однойменним американським концерном та виготовлена на підприємстві концерну «Укроборонпром». Під час її відкриття було наголошено на актуальності питання функціонування вказаної системи спостереження та анонсовано плани щодо розробки та встановлення ще 5 таких комплексів, які мають бути інтегровані до СВНО ДПС в акваторії Чорного й Азовського моря, басейнах Дніпра й Дунаю ²⁴⁵.

Існує також низка інших аналогічних рішень, які пропонуються НДІ радіолокаційних систем «Квант-радіолокація», НВК «Клівер» та ВАТ «ХК «Укрспецтехніка». Так, наприклад, для ДПС України «Укрспецекспорт» розробив РЛС «Лис-3М», яка забезпечує виявлення повітряних, наземних і надводних цілей та людей і забезпечує наступні можливості:

Відстань виявлення цілей становить:

вертоліт – 12 км (7 км за умов дощу або піщаної бурі);

автомобіль, моторний човен – 11,5 км (5,5 км за умов дощу або піщаної бурі);

окрема людина – 5,4 км (3,5 за умов дощу або піщаної бурі).

Роздільна здатність РЛС:

за пеленгом – не гірше 2° у всіх режимах;

за відстанню – не гірше 200 м в режимі огляду (100 м за складних умов з перешкодами) та 25 м в режимі розпізнавання.

Час розгортання з повною підготовкою до роботи – не більше 5 хв.

Зона огляду:

за азимутом: - 60°...+60°, з можливістю довільного зменшення сектору;

за відстанню: 0...12 км, з можливістю довільного вибору зони огляду в даному діапазоні.

Час повного огляду (120°, 12 км):

за нормальних умов – 25 с;

за складних умов з перешкодами (піщана буря, дощ) — 50 с.

Радіолокатор «Лис-3М» може встановлюватись на тренозі (у портативному варіанті), у кузові автомобіля (у мобільному варіанті), на вежі або доху будівлі (у стаціонарному варіанті). На рис. 5.14 наведено зовнішній вигляд РЛС «Лис – 3М» ²⁴⁶. Програмне забезпечення передбачає можливість створення мережі РЛС в поєднанні з відеокамерами та тепловізорами для створення суцільного радіолокаційного поля виявлення та візуальної ідентифікації виявлення цілей з можливістю оцінки рівня їх загрози.

Виявлення та ідентифікація цілей здійснюється у автоматичному режимі. При цьому на моніторі висвітлюються відмітки від цілей, дані про які вносяться у формуляр з зазначенням номеру, дальності, азимуту, швидкості руху цілі та робиться прив'язка формуляру до відмітки цілі, а також прив'язка до карти місцевості та географічних координат (WGS-84 або СК-

²⁴⁵ В Мариуполе установлена новейшая система обнаружения противника AEROS. URL: <https://trident-ua.info/novyny/v-mariupole-ustanovlena-novejshayasistema-obnaruzheniya-protivnika-aeros>, 03.01.2017

²⁴⁶ Мазур В. Ю., Гідзула В. О. Проблемні питання висвітлення надводної обстановки та шляхи їх вирішення. *Зб. наук. праць Національної академії ДПСУ*. 2013. № 1 (59).

42) з використанням даних приймача глобальної навігаційної системи.

Система моніторингу повинна забезпечити її користувачів інформацією про місцезнаходження і рух морських суден. До складу системи моніторингу входять наступні організаційні установи (підприємства, служби) та функціональні структури:

Національний центр даних дальньої ідентифікації та контролю місцезнаходження суден казенного підприємства «Адміністрація морських портів України» (КП «МППС»);

Державна установа «Держгідрографія» (ДУ «Держгідрографія»);

Державне підприємство «Адміністрація морських портів України (ДП «АМПУ»);

річкова інформаційна служба «Дельта-лоцман»;

супутникова система АІС (отримання супутникових даних ДЗЗ та супутникової мережі зв'язку);

центральний сервер Системи моніторингу в м. Одеса;

запасний сервер Системи моніторингу в м. Київ;

мережа базових станцій АІС КП «МППС»;

мережа базових станцій АІС ДУ «Держгідрографія»;

мережа базових станцій АІС «Дельта-лоцман».



Рис. 5.14. Вигляд РЛС «Лис-3М»

Інформація з базових станцій АІС надходить до центрального і запасного серверів Системи моніторингу, а інформація від супутникової системи АІС до центрального сервера. Таким чином можна вважати, що

існуюча СВМО України складається з трьох діючих систем: ДПС України, ВМС України та ЄСВНО (AIC). Для кращого розуміння напрямків створення ефективної СВНПО України було складено порівняльну таблицю основних характеристик провідних морських країн світу (табл. 5.2).

Виходячи з них зрозуміло, що система висвітлення надводної та підводної обстановки має здійснюватись шляхом формування системи берегового, підводного та дистанційного спостереження як з повітря, так і з космосу за надводною обстановкою та забезпечення технічної можливості доведення інформації про неї до всіх користувачів сектору безпеки та оборони в реальному часі з подальшою інтеграцією їх до Єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил (C4ISR).

Проведені оперативно-тактичні розрахунки показали, що наявні радіолокаційні та оптико-електронні засоби ВСУ та ДПС України можуть мати обмежені можливості з виявлення надводних цілей противника за дальністю, а враховуючи застосування ЧФ рф засобів РЕБ імовірність виявлення надводних цілей окремими радіолокаційними засобами буде знаходитись на рівні 0,1-0,2.

Таблиця 5.2 – Порівняння основних характеристик СВНПО провідних морських країн світу

Найменування системи	Країна	Зона висвітлення	Підводна обстановка	Застосування КС	AIC
Тактична об'єднана система спостереження (Integrated Tactical Surveillance System)	США	Світовий океан	+	+	+
Система спостереження й управління «Wall»	Швеції	усе узбережжя Швеції	-	-	+
Система міжвидомчого інтегрованого морського нагляду	Італія	Середземне море	-	+	+
ЄСВМО, ЄДВНПО	рф	усе узбережжя Росії та важливі акваторії	+	+	+
Інтегрована система спостереження, безпеки та контролю трафіку SCOMAR	Румунія	В(м)ЕЗ, румунський сектор Східного Дунаю та дельти Дунаю у морській зоні	+	-	+
ДП СВНПО	Україна	акваторії Чорного і Азовського морів та басейни річок Дніпро і Дунай	-	-	+

Збільшення кількості їх застосування не призведе до суттєвого покращення виявлення надводної обстановки в зв'язку з низькою імовірністю виявлення цілей окремими засобами. Таким чином, існує необхідність застосування додаткового джерела інформації, в якості якого можуть виступати космічні системи спостереження ДЗЗ.

5.5. Можливості моніторингу надводної обстановки з використанням даних ДЗЗ

Дані ДЗЗ є найбільш інформативним видом інформації, що забезпечує своєчасність, оперативність, достовірність та точність їх отримання. Досвід збройних конфліктів доводить, що КА ДЗЗ можуть успішно застосовуватись для виконання завдань висвітлення обстановки. Якщо ефективна глибина моніторингу літаками ВПС ЗСУ без порушення державного кордону або перетину лінії зіткнення складає 24 км, з порушенням – до 400 км, то у разі застосування КА ДЗЗ таких обмежень немає і можливо проводити зйомку великих територій з практично такою ж якістю знімків.

Досвід проведення антитерористичної операції, а згодом Операції об'єднаних сил (ООС) показав, що інформація закордонних космічних систем може бути ефективно використана в інтересах національної безпеки України та вирішення військових завдань різного масштабу. Виявлення та розпізнавання об'єктів розвідки на матеріалах космічного знімання зазвичай здійснюється за видимими геометричними характеристиками зображення (форма, розміри тощо). Для вирішення завдань розвідувально-інформаційного забезпечення ЗСУ матеріали космічної зйомки повинні мати лінійне розрізнення на місцевості не гірше значень, що вказані в табл. 5.3 для ОЕА та табл. 5.4 для РЛА²⁴⁷.

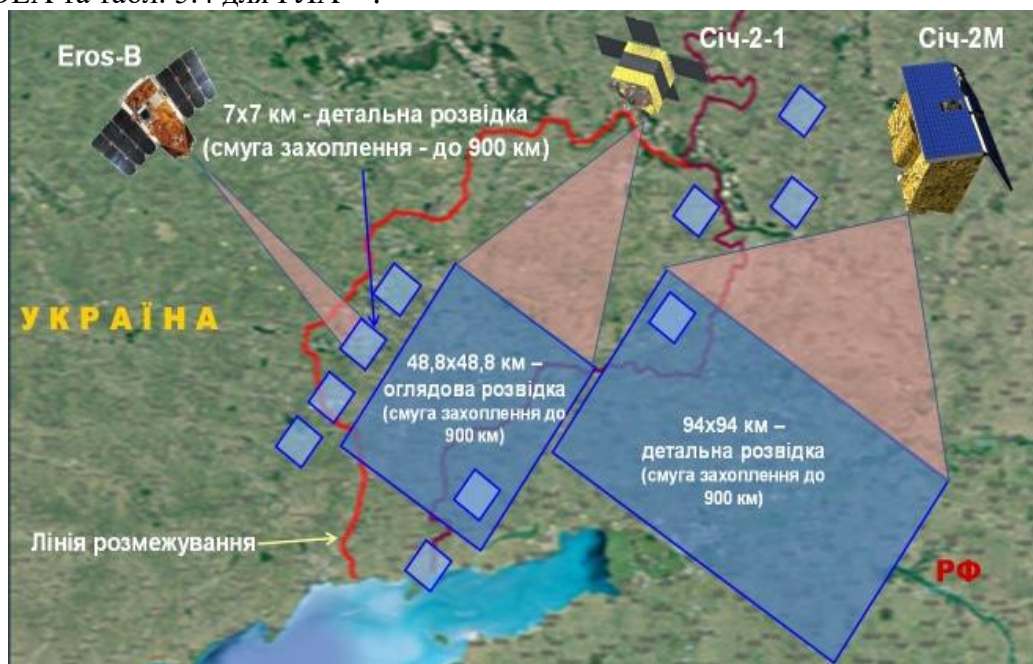


Рис. 5.15. Можливості космічної розвідки із застосуванням діючого КА Eros-B та перспективних вітчизняних КА «Січ-2.1» і «Січ-2М»

²⁴⁷ Космічні апарати знімання поверхні землі : довідник / за ред. В. В. Омельчука. Київ : НУОУ, 2017. 244 с.

Таблиця 5.3 – Лінійне розрізнення на місцевості, необхідне для виявлення та розпізнавання надводних об'єктів аерокосмічної розвідки

Об'єкти аерокосмічної розвідки	Необхідне лінійне розрізнення на місцевості, м				
	Виявлення об'єкта	Розпізнавання об'єкта			Аналіз стану об'єкта
		до виду	до класу	до типу	
РЛС	3	0,9	0,3	0,15	0,015
Ракетні комплекси	3	1,5	0,6	0,3	0,075
Мости	6	4,5	1,5	0,9	0,3
Кораблі	7,5	4,5	0,6	0,3	0,03
Берегові лінії та ділянки висадки морських десантів	30	4,5	3	1,5	
Підводні човни на поверхні	30	6	1,5	0,9	-
Морські порти	30	15	6	3	0,3

Крім цього, видова космічна інформація ДЗЗ може використовуватися для інформаційного забезпечення СВМО для потреб оборони, моніторингу кліматичних показників та гідросфери²⁴⁸²⁴⁹. Основними завданнями щодо інформаційного забезпечення СВНПО для потреб оборони є:

Таблиця 5.4 – Вимоги до просторової розрізняльної здатності матеріалів радіолокаційного знімання й періодичності оновлення інформації

Вирішуване завдання	Необхідне розрізнення, м			Періодичність, діб
	для виявлення	для розпізнавання		
		класів	типів	
Моніторинг океану, льодова розвідка	300	300	70	< 3
Судноплавство, рибальство	15...300	-	-	< 1
Загальне картування	5...30	-	-	>30
Морські порти	30	15	6	>30
Мости	6	4,5	1,5	<0,1
РЛС	3,0	0,9	0,3	<0,1
Морські судна (середні)	7,5	4,5	0,6	<0,1
Підводні човни (на поверхні)	9	6	1,5	<0,1

²⁴⁸ Застосування космічних систем для забезпечення дій збройних сил : навч. посібник / М. С. Пастушенко, В. І. Присяжний, В. О. Яновський та ін.; за ред. В. І. Ткаченка. Харків : ХВУ, 2003. 192 с.

²⁴⁹ Попов М. О. Шляхи отримання космічної інформації в інтересах національної безпеки та оборони. *Наука і оборона*. 2003. № 2. С. 38–50.

у мирний час:

- ведення постійного контролю надводної і підводної обстановки в акваторіях світового океану;
- спостереження за підготовкою та ходом навчань збройних сил іноземних держав;
- попередження про підготовку збройних сил іноземних держав до бойового застосування.

У загрозовий період та період підготовки бойових дій:

- виявлення стратегічних об'єктів (цілей) на території ймовірного противника, визначення їх точних координат, постійне спостереження за динамікою їх функціонування;
- виявлення змін у характері діяльності підводних човнів і надводних кораблів у районах бойового патрулювання;
- встановлення факту і часу виходу із баз атомних підводних човнів, розгортання ударних авіаносців і надводних ракетних кораблів;
- попередження про факт початку застосування противником наступальних сил.

При переході військ до оборони:

- виявлення (уточнення) місцеположення ударних корабельних угруповань, десантних з'єднань супротивника;
- встановлення характеру, напрямків й інтенсивності перевезення військ і вантажів усіма видами транспорту, виявлення їх вразливих місць;
- визначення стану погоди;
- картографування тощо²⁵⁰.

Крім потреб оборони дані ДЗЗ з космосу надають можливість здійснювати моніторинг кліматичних показників (температури водної поверхні) та гідросфери (властивості води, крига, забруднення водної поверхні). Основу глобальної супутникової системи моніторингу клімату Землі складають низьковисотні космічні апарати детального вивчення глобальних кліматичних змін Землі TERRA й AQUA за програмою EOS (Earth Observing System – Система спостереження Землі) та двоярусне угруповання оперативних штучних супутників Землі метеорологічного спостереження – полярно-орбітальні (висота 600-1500 км) та геостаціонарні (висота над поверхнею Землі 36 тис. км).

На борту космічних апаратів TERRA й AQUA встановлено по п'ять оптико-електронних знімальних систем ДЗЗ, із яких найбільш інформативним є гіперспектральний 36-ти каналний сканер MODIS. Щодо інформаційного забезпечення СВМО метеорологічні супутники Землі вирішують такі завдання²⁵¹:

²⁵⁰ Дистанционное зондирование Земли из космоса: получение и использование информации : монография / Е. И. Бушуев, В. И. Волошин, Е. И. Капустин и др.; под общ. ред. С. П. Мосова. Днепропетровск : Стилус, 2012. 320 с.

²⁵¹ Омельчук В., Кухарський А., Мельников А. Можливості контролю глобальних атмосферних явищ та клімату засобами ДЗЗ із космосу. *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем* : зб. наук. праць. Житомир : ЖВІРЕ, 2007. № 11. С. 63–43.

- отримання знімків полів хмарності, що забезпечує завчасне планування космічної зйомки;
- визначення верхньої межі хмар та радіаційного балансу Землі;
- збір метеоінформації від наземних автоматичних гідрометеостанцій;
- ретрансляція обробленої метеоінформації (повідомлення про особливо небезпечні явища погоди і передача синоптичних карт із метеорологічних центрів безпосередньо споживачам);
- прийом і ретрансляція сигналів нещастя у рамках системи пошуку та спасіння «Компас» й виявлення їх місцеположення.

Моніторинг гідросфери Землі здійснюється завдяки використанню електромагнітного випромінювання засобами ДЗЗ, які утворюються за рахунок внутрішніх теплових процесів (інфрачервоний і мікрохвильовий діапазон спектра) або за рахунок відбивання опромінювання зовнішніх джерел природного й штучного походження (ультрафіолетовий, видимий, ближній інфрачервоний та радіолокаційний діапазони). Це дозволяє визначати якісний стан води та наявність на ній криги або будь-яких забруднень.

Принципово комерційні КА ДЗЗ подвійного призначення не відрізняються від можливостей КА розвідувальних систем. Вони також забезпечують фотографування поверхні землі, оптико-електронну зйомку у видимому, інфрачервоному та субміліметровому діапазонах. Точнісні характеристики визначення об'єктів теж майже не відрізняються. Тому, в разі необхідності, можливості військових систем розвідки світу доповнюються за рахунок можливостей КА ДЗЗ подвійного призначення.

Засоби космічної розвідки здійснюють зйомку у оптичному (видимому), ультрафіолетовому, інфрачервоному (тепловому) спектрі та з використанням радарної зйомки (табл. 5.5)²⁵².

Виходячи з визначених задач, для інформаційного забезпечення ДП СВНПО (виключно для моніторингу надводної обстановки) необхідні дані ДЗЗ з просторовою розрізненістю до 1-30 м для завдань оборони та 250-1000 м для моніторингу кліматичних показників та гідросфери.

Досвід проведення антитерористичної операції, а згодом Операції об'єднаних сил показав, що інформація закордонних космічних систем може бути ефективно використана в інтересах національної безпеки України та вирішення військових розвідувальних завдань різного масштабу. Серед комерційних операторів ДЗЗ слід відмітити такі супутники як TERRA та AQUA, які здатні здійснювати моніторинг морської обстановки з просторовою розрізненістю у межах 1-30 м та вести моніторинг кліматичних показників і гідросфери.

Можливості моніторингу надводної обстановки з використанням даних ДЗЗ ДКАУ. ДКАУ входить до системи органів виконавчої влади і є

²⁵² Застосування космічних систем для забезпечення дій збройних сил : навч. посібник / М. С. Пастушенко, В. І. Присяжний, В. О. Яновський та ін.; за ред. В. І. Ткаченка. Харків : ХВУ, 2003. 192 с.

головним органом у системі центральних органів виконавчої влади у формуванні та забезпеченні реалізації державної політики у сфері космічної діяльності.

Таблиця 5.5 – Основні характеристики знімальної апаратури систем космічного базування

Знімальна система	Спектральний діапазон, мкм	Просторова розрізненість, м	Смуга огляду, км
QuickBird	0.45-0.9	0.6/2.4	16.5
SPOT-5	0.5-1.7	1/3	28
ETM+/Landast	0.45-12.5	15/30/60	185
ASTER/Terra	0.5-11.7	15/30/90	60
AWiFS/IRS-P6	0.52-1.7	56	740
MODIS/TRRA-AQUA	0.5-14.4	250/1000	2230
AVHRR/NOAA	0.6-12.5	1100	2600
VIIRS/NPP-NOAA			
Sentinel-1		10*25	80
Sentinel-2		10-60	290

Відповідно до покладених на нього завдань ДКАУ:

живає заходів до оперативного виявлення джерел небезпеки та сприяє в межах своїх повноважень досягненню належного рівня надійності та ефективності систем державного управління в особливий період для забезпечення національної безпеки України;

організовує співробітництво України з іншими державами та міжнародними організаціями у космічній галузі, а також забезпечує збереження і розвиток існуючих міжнародних зав'язків у сфері космічної діяльності²⁵³.

Крім цього, згідно Указу Президента № 698/96 від 12 серпня 1996 року «Про Національний центр управління та випробувань космічних засобів (НЦУВКЗ)» філія ДКА України НЦУВКЗ здійснює оперативне попередження виникнення джерел небезпеки, які загрожують національній безпеці, надійне оперативне інформаційне забезпечення вищого керівництва держави з використанням даних ДЗЗ²⁵⁴.

В умовах російської воєнної агресії проти України співробітництво ДКА України з російською федерацією стало неможливим, а фактор відсутності власного супутникового угруповання набув особливої актуальності. Зважаючи на відсутність на цей час вітчизняних супутників, ДКАУ налагоджено процес отримання інформації з зарубіжних КА різної просторової розрізненості, зокрема для виконання завдань висвітлення надводної обстановки.

Таким чином, поточні потреби ДП СВНПО (виключно для моніторингу надводної обстановки) України можуть бути частково забезпечені

²⁵³ Положення про Державне космічне агентство України : затвердж. Указом Президента України від 8 квіт. 2011 р. № 442/2011. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/442/2011#Text>

²⁵⁴ Про Національний центр управління та випробувань космічних засобів : Указ Президента України від 12 серп. 1996 р. № 698/96. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/698/96#Text>

угрупованням КА ДЗЗ надвисокої, високої, середньої та низької розрізненості, інформація з яких щоденно отримується засобами НЦУВКЗ ДКАУ.

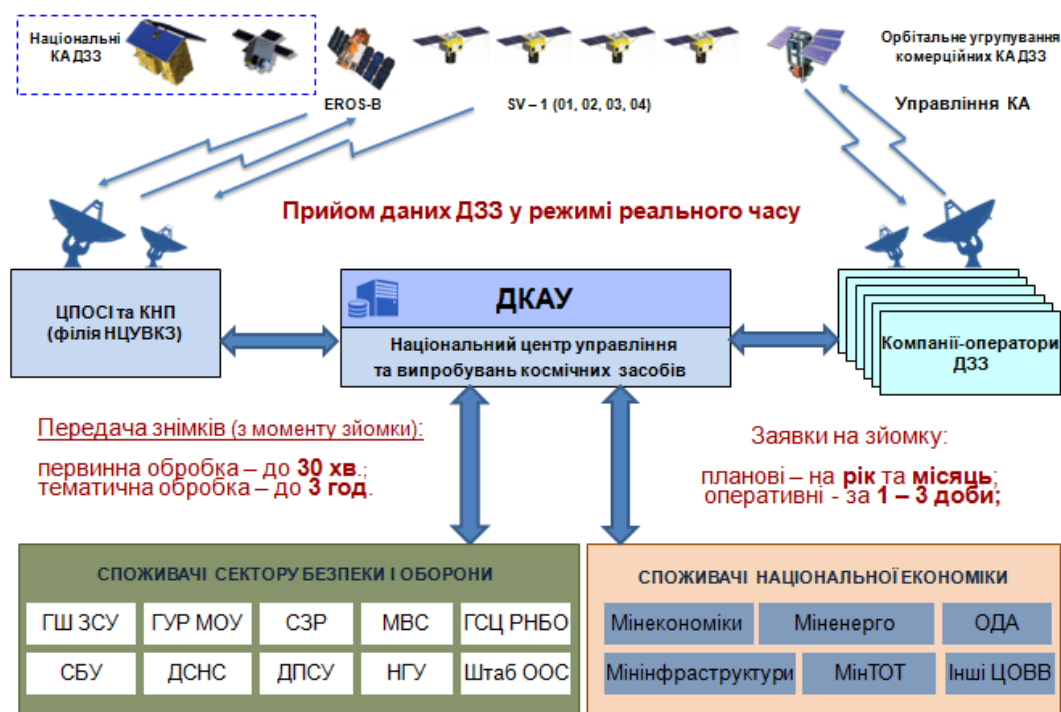


Рис. 5.16. Схема інформаційного обміну і постачання даних ДКА України

Невелика кількість космічних систем, що використовуються ДКАУ, змушує звертати особливу увагу на забезпечення високої ефективності їх застосування за цільовим призначенням. Поняття ефективності (корисність, доцільність) застосування космічних систем також потребує кількісного вираження, бажано у вигляді одного числа, що мало б визначений оперативно-тактичний зміст. На практиці, як правило, не вдається знайти таке кількісне вираження, яке дозволило б адекватно відображати ефективність застосування тих чи інших космічних систем.

При цьому необхідно мати на увазі, що при оцінці ефективності застосування космічних систем необхідно розрізняти зовнішню і внутрішню задачу. Наприклад, інформацію військово-космічних систем, що забезпечують бойові дії, використовують більшість видів і родів військ збройних сил і оцінку їх ефективності доцільно проводити на фоні першого (або відповідного) удару. У випадку, якщо інформація космічної системи, що аналізується, дозволяє підвищити ефективність першого (або відповідного) удару, то робиться висновок про доцільність застосування такої системи. Для проведення оцінок ефективності в цьому випадку використовують методи стратегічної динаміки, що базуються на теорії ігор. Водночас орієнтовані

оцінки внеску космічних систем при вирішенні зовнішньої задачі можна одержати і на основі аналітичних розрахунків. Розглянемо варіант урахування впливу космічних систем забезпечення, наприклад, на ефективність ракетних комплексів. Для розрахунку імовірності визначення цілі можна скористатися співвідношенням 5.1.

$$P = 1 - e^{-\frac{R^2}{2\sigma^2}} \quad (5.1)$$

де R – радіус кола, в яке необхідно забезпечити влучення заданим класом ракет;

σ – середнє квадратичне відхилення, що характеризує систему наведення ракети.

Відомо, що космічні системи розвідки і навігації дозволяють суттєво підвищити можливість ураження заданої цілі. Оскільки космічні розвідувальні системи можуть забезпечити більш точне визначення координат цілі, а навігаційні системи при використанні відповідного устаткування в системі наведення дозволяють зменшити σ , то імовірність визначення цілі збільшиться.

Відношення розрахованих імовірностей характеризує коефіцієнт ефективності космічних систем, що аналізуються. Такий підхід дозволяє також провести економічну оцінку впливу космічних систем забезпечення (за рахунок економії ракетних пострілів). Але мається на увазі, що отримані оцінки приблизні. Більш точні характеристики можна одержати в процесі математичного моделювання.

Частіше розробляють методичний апарат для оцінки ефективності окремого КА або космічної системи, який дозволяє проводити порівняльний аналіз однотипних апаратів або систем і вибрати з них найкращий варіант. У цьому випадку говорять про внутрішню задачу оцінки ефективності космічних систем. По-суті, на етапі оцінки ефективності застосування окремого КА космічної системи доводиться вирішувати ті задачі, які називають задачами аналізу (прямі задачі). Вони пов'язані головним чином з оцінкою ефективності функціонування системи із заданими характеристиками в різноманітних умовах їх застосування; впливу зовнішніх умов, внутрішніх факторів і параметрів КА і системи в цілому.

Загальними недоліками космічних методів спостереження є:

- відносно велика відстань між апаратурою спостереження й об'єктом спостереження (сотні кілометрів й більше), що обмежує можливість забезпечення великого відношення сигнал/шум та високої детальності матеріалів знімання;

- жорстка просторово-часова програма польоту космічних апаратів ДЗЗ (носіїв знімальної апаратури), що, як правило, унеможливорює маневр і тим самим обмежує оперативність та періодичність космічного знімання, а також тривалість контакту з об'єктом спостереження.

Таким чином, оцінка ефективності космічних систем є складною

задачею, яка пов'язана, насамперед, з оцінкою цільової ефективності, тобто оцінкою ступеня пристосованості системи до досягнення поставленої перед нею мети або необхідного рівня кінцевого результату.

Природно цільову ефективність розглядати як єдність двох протилежних категорій: виграшу позитивного результату застосування космічної системи, що аналізується, і витрат, що неминучі при досягненні поставленої мети. Наприклад, для систем ДЗЗ у ролі виграшу можна розглядати кількість отриманої інформації, а плата – це час або економічні витрати на їх отримання. Тому при оцінці цільової ефективності спочатку визначають виграш і плату, що на такому рівні залежать від більш простих вторинних цілей (наприклад, точність і достовірність інформації, зона і повнота моніторингу і т.ін.). На такому рівні введені цілі деталізуються, поки не буде отримана повна ненадмірна система показників, які можуть бути чисельно оцінені. Повний ненадмірний набір показників бойових можливостей повинен адекватно відображати зміст цільової ефективності космічної системи, що аналізується. Виключення з набору хоча б одного показника повинно призводити до втрати деякої властивості системи.

Після введення системи показників доцільно визначити критерій, який дозволяє створити різноманітні стратегії застосування, що характеризуються різним ступенем досягнення цілі, і здійснити спрямований вибір (оптимізацію) стратегій із множини припустимих. Існує декілька варіантів (підходів) формування критеріїв. Більш складний і кращий варіант побудови критеріїв оцінки ефективності космічних систем пов'язаний із векторним уявленням, компонентами якого є часткові показники бойових можливостей. Введення такої форми критерію перетворює задачу, що аналізується, у багатокритеріальну, що істотно ускладнює пошук оптимальних рішень.

Обставиною, що спрощує аналіз проблеми, є те, що задача оцінки ефективності космічних систем відноситься до класу прямих, тобто задач аналізу. У цьому випадку для кожного рішення (наприклад, тимчасового інтервалу застосування космічної системи) можна розрахувати значення всіх показників бойових можливостей.

Надалі необхідно з усіх можливих рішень вибракувати явно невдалі, що поступаються іншим усіма показниками. У результаті такої процедури відкидання явно непридатних не вигідних рішень їх кількість звичайно зменшується. Зберігаються тільки ефективні рішення. Що стосується остаточного вибору рішення, то він, як і раніше, залишається прерогативою людини. Тільки людина, із своїм умінням вирішувати неформальні задачі, приймати так звані компромісні рішення (не суворо оптимальні, але прийнятні за рядом критеріїв) може взяти на себе відповідальність за остаточний вибір. Це один із можливих варіантів вирішення багатокритеріальних задач. При автоматизованих способах вирішення багатокритеріальних задач можна діяти наступним чином. З усієї множини показників можливостей (складового уведеного вектора) вибирається один (головний) показник і проводиться оптимізація за ним. На всі інші показники

накладаються обмеження. Наприклад, можна встановити, щоб вони були не меншими заданих значень.

Існує ще один метод побудови компромісного рішення, який можна назвати методом послідовних поступок. Припустимо, що всі показники розташовані у порядку спадної важливості. Спочатку шукається рішення, яке обертає в максимум найважливіший показник. Потім призначається, виходячи з практичних розумінь, з урахуванням малої точності, з якою відомі вхідні дані, деяка поступка за першим показником, що згодні зробити для того, щоб максимізувати другий показник. І далі оптимізується другий показник з урахуванням обмежень, накладених на перший. Аналогічно діють і з іншими показниками бойових можливостей. Такий спосіб побудови компромісного рішення хороший тим, що при його застосуванні відразу очевидно, ціною якої поступки в одному показнику набувається вииграш в іншому і яка величина цього виграшу. По-суті, цей метод припускає діалоговий режим роботи.

Так чи інакше, при будь-якому способі постановки, задача обґрунтування рішення за декількома показниками залишається не до кінця формалізованою і остаточний вибір рішення завжди визначається вольовим рішенням людини, хоча в даний час і проводяться бурхливі дослідження в області векторної оптимізації. В сучасних умовах загальне завдання виявлення знаходження плавзасобів включає:

- виявлення та визначення координат кораблів (у акваторіях та морських базах) та суден різних класів. Особливим завданням є здійснення контролю зон риболовства з виявленням фактів порушення правил його ведення, а також виявлення контрабандистів на плавзасобах малого тоннажу;

- визначення класу (типу) морських об'єктів;
- визначення курсу та швидкості пересування плавзасобів.

Аналіз показників бойових можливостей, отриманих за допомогою методики, розглянутої вище, для різноманітних космічних систем, що забезпечують бойові дії, дозволяє сформулювати їх узагальнений набір.

Серед цих показників обов'язковими повинні бути такі:

- просторові характеристики;
- характеристики оперативності одержання інформації;
- точностні характеристики географічної прив'язки;
- імовірність ідентифікації об'єкту.

Всі ці показники повинні задовольняти таким основним вимогам:

- забезпечувати оцінку виконання вимог, поставлених до системи;
- бути вимогливими до варіантів побудови системи, що аналізується.

Для розуміння можливості та необхідної періодичності отримання знімків для практичного використання потрібно оцінити основні технічні параметри, якими є площа зйомки, період зйомки, кількість апаратів в системі, час на виконання замовлення.

1. Площа зйомки. Для SuperView-1 мінімальний розмір одиночної зйомки складає 12 x 12 км (144 км²), площинної зйомки – від 8 знімків (від

1152 км²). Для EROS-B мінімальний розмір одиночної зйомки становить 7 х 7 км (49 км²), площинної зйомки – від 2 знімків (від 98 км²). Для Січ-2-1 мінімальний розмір одиночної зйомки складає 46,6 х 46,6 км (2170 км²). Для Sentinel -1 ширина зйомки становить 250 км. Для Sentinel -2 ширина зйомки становить 290 км.

2. *Час виконання заявки на зйомку.* Для SuperView-1 стандартне замовлення за сприятливих погодних умов виконується протягом 72 годин, пріоритетне замовлення – протягом 48 годин, екстрене замовлення – протягом 24 годин. Для EROS-B стандартне замовлення складає 1-3 доби (із врахуванням хмарності й точки знаходження супутника на момент замовлення), екстрене замовлення – до 24 годин (без врахування хмарності, за наявності витка над зоною зацікавлення). Для Sentinel -1, 2 періодичність знімання складає 10 діб для одного апарату та 5 діб для двох.

Аналіз точності визначення географічних координат надводних об'єктів за даними космічної зйомки здійснюється в наступному порядку:

1. Визначення похибки координатного прив'язування окремо по широті та довготі здійснюється за формулою:

$$\delta = v_z - v_k, \quad (5.2)$$

де v_z – широта або довгота контрольної точки знімка;

v_k – широта або довгота відповідної контрольної точки цифрової карти.

2. Розрахунок середнього значення похибки:

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n}, \quad (5.3)$$

де n – кількість контрольних точок.

3. Розрахунок незміщеної оцінки похибки:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - \bar{\delta})^2}{n - 1} \quad (5.4)$$

4. Розрахунок середньоквадратичного відхилення дисперсії. При збільшенні n закон розподілу суми похибок наближається до нормального. Таким чином, середньоквадратичне відхилення дисперсії дорівнює:

$$\sigma_{\bar{D}} = \bar{D} \sqrt{\frac{2}{n - 1}} \quad (5.5)$$

5. Розрахунок верхн о інтервалу:

$$I = \overline{D} + t_{\beta} \sigma_{\overline{D}}, \quad (5.6)$$

де коефіцієнт t_{β} визначає для нормального закону розподілу число середніх квадратичних відхилень, які треба відкласти вправо від центру розсіювання для того, щоб вірогідність влучення випадкової величини в отриманому інтервалі дорівнювала β .

При визначенні похибки координатного прив'язування приймалося, що $\beta=0,95$.

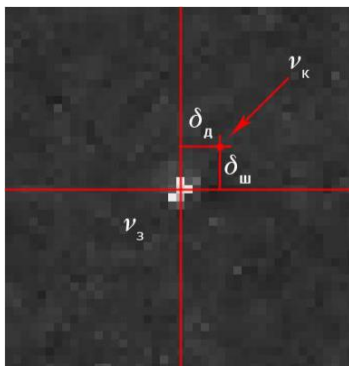


Рис. 5.17. Визначення похибки координатного прив'язування

Результати розрахунків показали можливість визначення географічних координат об'єктів за даними надвисокої просторової розрізненості (менше 1 м) у межах 2-3 м. За даними середньої та високої просторової розрізненості (від 1 до 10 м) – 5-100 м.

Оцінювання точності ідентифікації розпізнаних об'єктів проводиться з використанням теорії множин БД визначених об'єктів та кораблів за їх геометричними показниками (розміри, форма тощо). Шар ідентифікованих об'єктів можна розглядати як певну множину M :

$$M = \{O, BS, P\}$$

де O – множина розпізнаних об'єктів;

S – множина БД кораблів;

P – ймовірність відповідності.

Проведемо порівняльний аналіз атрибутивних даних субмножин:

де type – висока, середня, низька вірогідність;

% – кількісний показник вірогідності.

В результаті проведеного аналізу було визначено необхідність формування множини даних відповідності розпізнаних об'єктів фактичним кораблям:

– об'єкти, що відносяться до кораблів з БД:

$$O \cap BS$$

– об'єкти, що не відносяться до кораблів з БД:

$$O \notin BS$$

Виходячи з 5.7-510 було розроблено та реалізовано алгоритм розрахунку імовірності ідентифікації кораблів. Таким чином застосування даних ДЗЗ дозволяє підвищити імовірність визначення цілей до близько 1; включити в СВМО додаткові показники ефективності щодо визначення положення цілі та імовірності її ідентифікації, що надає суттєве збільшення загальної ефективності системи при застосуванні зброї або інших заходів по впливу на ціль.

В той же час жорстка просторово-часова програма польоту космічних апаратів ДЗЗ обмежує оперативність та періодичність космічного знімання, а також тривалість контакту з об'єктом спостереження. Цей недолік можливо зменшити за рахунок збільшення орбітального угруповання задіяних КА та систем ДЗЗ.

Виходячи з задач ДП СВНПО, вимог до лінійного розрізнення на місцевості, необхідного для виявлення та розпізнавання надводних об'єктів та технічних характеристик даних ДЗЗ, що отримуються ДКАУ, можливо визначити наступні тематичні напрямки використання цих даних для моніторингу:

1. Надводної обстановки в Азово-Чорноморському басейні з визначенням місцезнаходження та ідентифікацією об'єктів (кораблів, газонафтовидобувних вишок) до виду та спостереження за їх рухом в часі.

2. Змін берегової лінії.

3. Портів та їх інфраструктури на анексованій території.

4. Льодової обстановки та забруднень поверхнево-активними речовинами.

5. Руху морських сил противника.

6. Фізичних властивостей морських вод (температури поверхні води, показники прозорості).

Для формування рекомендацій щодо удосконалення системи висвітлення морської обстановки із застосуванням даних ДЗЗ згідно визначених напрямків слід з'ясувати шляхи їх тематичного оброблення, порядок та формати надання інформації.

5.6. Тематичне оброблення даних ДЗЗ в інтересах висвітлення надводної обстановки

На сьогоднішній день прийом, оброблення, аналіз, архівація та видача користувачам інформації ДЗЗ з КА структурно можливо представити у вигляді наступної схеми рис. 5.18²⁵⁵.

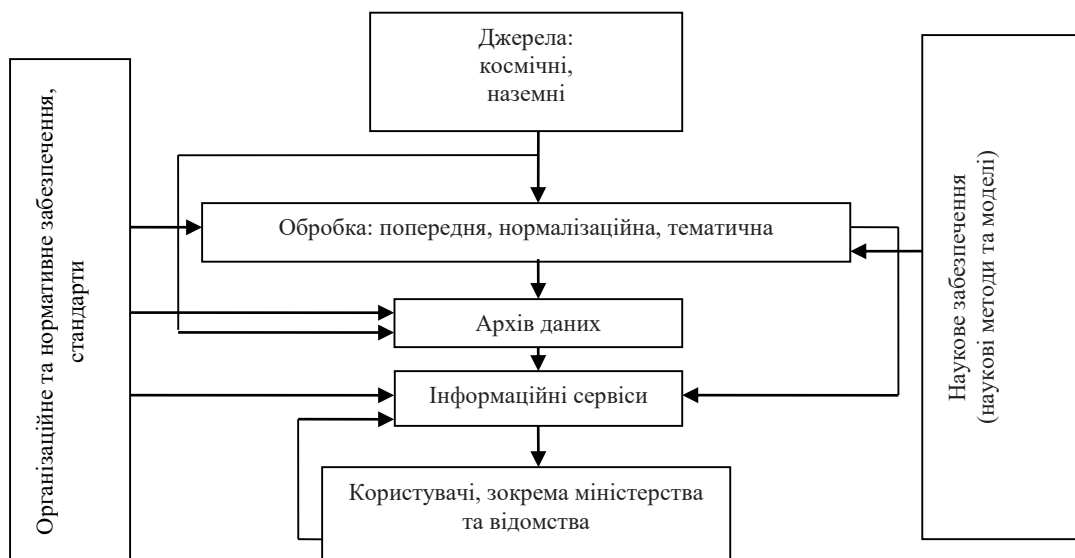


Рис. 5.18. Структура використання даних ДЗЗ

Оброблення даних ДЗЗ, відповідно до світової практики, має на меті декілька станів оброблення:

- первинні дані, доповнені орбітальною інформацією;
- радіометрично відкоректовані і географічно прив’язані зображення;
- перетворені в задану картографічну проекцію зображення з урахуванням координат опорних точок;
- геометрично перетворені зображення з урахуванням цифрової моделі місцевості (для суходолу);
- мультиспектрально оброблені дані, що включає в себе спільну обробку різночасових даних або даних, отриманих з різних датчиків.

Аналіз представлених принципів оброблення даних ДЗЗ, а також використання системи термінів, створеної Лялько В.І. та Поповим М.О., дозволили визначити і представити наступні функції оброблення даних ДЗЗ,

²⁵⁵ Автоматизація оброблення інформації дистанційного зондування Землі для вирішення завдань оперативного моніторингу території України / Вишняков В. Ю., Гринюк С. В., Глушенко О. М. та ін. *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем* : зб. наук. праць / Житомир. військовий інститут радіоелектроніки ім. С. П. Корольова. Житомир : ЖВІРЕ, 2007. № 11. С. 44–51.

необхідних для визначення показників температурних явищ [52] (табл. 5.6)²⁵⁶.

Таблиця 5.6 – Функції оброблення даних ДЗЗ

№ рівня	Функція
0	Прийм даних ДЗЗ
	Попереднє оброблення знімку (залежно від формату даних зображення)
1	Нормалізація даних
1A	Радіометрична корекція
	Спектральне покращення зображення
	Атмосферна корекція
1B	Геометрична корекція
	Геокодування
2A	Перетворення у задану картографічну проекцію
	Трансформування знімку
2B	Повна географічна прив'язка з використанням наземних точок
3	Дешифрування загального характеру
	Просторова фільтрація
	Повна географічна прив'язка з врахуванням цифрової моделі рельєфу місцевості (ортотрансформування)
	Тематичне оброблення даних
4	Розпізнавання образів
	Класифікація даних
	Інтерпретація даних ДЗЗ
	Пряме дешифрування
	Індикаційне дешифрування
	Розрахунок температурних показників
	Автоматизоване дешифрування
	Векторизація даних

Зазвичай отримані дані мають рівень оброблення 1B, 2A (географічно прив'язане зображення за орбітальними даними). Таким чином, подальше їх використання для автоматизованого розпізнавання кораблів на водній поверхні потребує здійснення попередньої обробки, а саме: нормалізації, точної географічної прив'язки та перетворення у синтезоване багатоспектральне зображення (Pan Sharpening).

Важливим елементом нормалізації даних є вирівнювання яскравості та атмосферна корекція, так як зйомка здійснюється в різних умовах освітленості, кута знімання, погодних умов. Труднощі розпізнавання кораблів на космічних знімках виникають при розташуванні їх поблизу берегової смуги, островів, під час штормів, при наявності різноманітних забруднень водної поверхні та в разі наявності туману або хмарного покриву. Виходячи з цього було сформовано наступні вимоги до якості даних ДЗЗ високої та надвисокої просторової розрізненості:

- мінімальний рівень хмарності на знімку;
- максимальне наближення кута зйомки до надиру;
- здійснення знімку в денний час.

Наведені вище функції оброблення даних ДЗЗ потребують застосування

²⁵⁶ Словник з дистанційного зондування Землі / [ред. Лялько В. І., Попов М. О.]. Київ : АБЕРС, 2004. 170 с.

програм оброблення даних з відповідним математичним апаратом по роботі з даними космічної зйомки. Основна відмінність геоінформаційних технологій від решти сучасних інформаційних технологій полягає в наявності потужного апарату просторового аналізу даних про територію, що дозволяє формувати якісно нові види даних синтетичного і аналітичного характеру, забезпечуючи оперативний доступ до них користувачів за запитами.

Вирішити питання забезпечення користувачів результатами моніторингу дозволило застосування геоінформаційних систем, які представляють собою інформаційні системи, призначені для роботи з даними, що мають прив'язку до просторових або географічних координат. Процес збору даних дистанційного зондування та їх використання в ГІС схематично представлені на рис. 5.19. Ефективність спільного використання ГІС та даних ДЗЗ, дослідження окремих аспектів якого є однією із задач створюваної системи, неодноразово розглядалася у наукових працях²⁵⁷²⁵⁸.

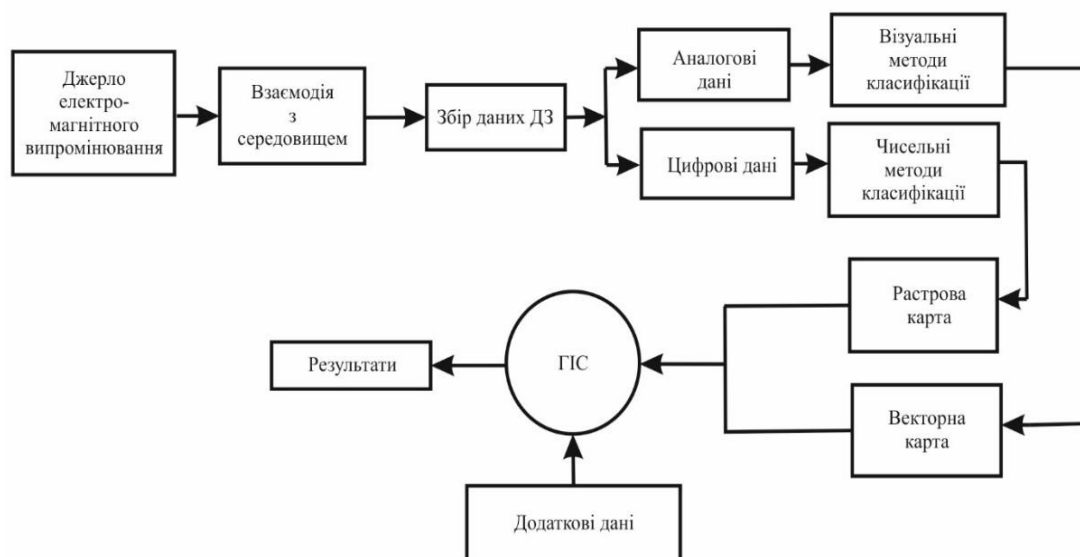


Рис. 5.19. Інтеграція даних дистанційного зондування в ГІС

Найбільш популярним в Україні програмним забезпеченням, яке можливо використовувати для створення системи комп'ютерної підтримки рішень, є:

1. ArcGIS – універсальна система програм для створення, управління, інтеграції, аналізу та розповсюдження географічних даних на будь-якому рівні, від великої корпорації до кінцевого користувача. Програма розроблена Інститутом досліджень природних систем США (ESRI). За допомогою

²⁵⁷ Сучасні інформаційні технології екологічного моніторингу Чорного моря / Довгий С. О., Красовський Г. Я., Радчук В. В. та ін. ; під ред. С. О. Довгого. Київ : Інформаційні системи, 2010. 260 с.

²⁵⁸ Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA : монографія / під ред. С. О. Довгого ; Нац. аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "ХАІ". Київ : Пономаренко Є. В., 2013. 317 с.

ArcGIS можна виконувати наступні операції:

- перетворювати векторні карти в растрові;
- створювати буферні зони по відстані чи близькості об'єктів;
- створювати карти щільності точкових об'єктів;
- створювати безперервні поверхні по точках;
- будувати ізолінії;
- розраховувати кути нахилу, відмивку рельєфу;
- виконувати алгебраїчні операцій та логічні запити до серії карт;
- готувати та оформлювати карти для друку;
- експортувати/імпортувати у різні цифрові формати тощо.

До недоліків даної системи можна віднести її високу ціну та вимоги до високої кваліфікації користувачів.

2. ITT ENVI (Environment for Visualizing Images) – середовище для відображення знімків. Містить повний пакет необхідних інструментів та функцій для візуалізації, аналізу та представлення цифрових зображень.

3. IDL – мова програмування для виконання багаточисельних математичних функцій та графічної візуалізації зображень, яка дозволяє поєднати свої функції і багатокрокові процедури аналізу даних як графічні інтерактивні програми, що викликаються в ENVI, або як командні рядки в середовищі IDL. Крім того, IDL приваблива для виконання математичних, статистичних та модельних програм та забезпечує підтримку більшості популярних операційних систем.

4. IMAPP – програмний засіб обробки даних ДЗЗ, призначений для оброблення даних сенсору MODIS супутників TERRA і AQUA. Функціонально здійснює розпакування вихідного бітового потоку і генерацію стандартних продуктів у форматі EOS-HDF: Рівня-1A (MOD01) і Рівня-1B (MOD02, географічно прив'язані і геометрично калібровані).

Слід підкреслити, що сучасні ГІС активно застосовуються для виконання різноманітних тематичних завдань щодо оброблення геопросторових даних за багатьма тематичними напрямками. Напрямок висвітлення морської обстановки не є виключенням. Аналіз існуючих програм та методів їх використання дозволяє представити функції оброблення даних в ГІС, необхідних для моніторингу надводної обстановки (табл. 5.7). З використанням вищезазначеного програмного забезпечення та стандартних методів тематичного оброблення даних ДЗЗ за визначеними тематичними напрямками було сформовано зразки наступних тематичних карт:

- об'єктів в Азовському та Чорному морях;
- надводної обстановки в районі Керченської протоки;
- часових змін інфраструктури портів;
- положення та стану газо- і нафтовидобувних веж;
- стану льодової обстановки та забруднень поверхнево-активними речовинами;
- температури водної поверхні Азово-Чорноморського басейну;

- карта руху морських сил противника за даними радіолокаційної зйомки.

Таблиця 5.7 – Функції оброблення даних в ГІС

№ функції	Функція
1.	Інформаційно-довідкова функція
2.	Функція автоматизованого картографування
3.	Функція просторового аналізу і моделювання природних, природно-господарських та соціально-економічних територіальних систем
4.	Функція моделювання процесів
5.	Функція підтримки прийняття рішень
5.1.	Програмно-організовані банки просторової і атрибутивної інформації
5.2.	База знань, що складається з блоку аналізу і моделювання, що містить набір моделей просторового аналізу і просторово-часового моделювання, а також довідково-інформаційного блоку, який містить формалізовану довідково-нормативну базу з даної проблеми
5.3.	Блок технологій штучного інтелекту, який забезпечує механізм формально-логічного висновку і прийняття рішення на основі інформації, наявної в базі даних
5.4.	Інтерфейс користувача

Створення цих карт показує практичну можливість та перспективність використання даних ДЗЗ ДКАУ для забезпечення ДП СВНО України.

ВИСНОВКИ

Перспектива формування високого рівня національної безпеки і оборони України пов'язана з необхідністю розробки та забезпечення практичного використання сучасних високоефективних інструментів та механізмів, які сприятимуть вирішенню цього завдання. В сучасних умовах загострення безпекової проблематики активізація інноваційної діяльності стає головним завданням стратегічного розвитку на всіх рівнях: громади, регіону, держави. Нині ресурси мають бути спрямовані на пошук альтернативних джерел забезпечення соціального розвитку та економічного зростання, а також модернізації усіх видів діяльності у напрямі інноваційного розвитку.

Дієвим шляхом вирішення визначених завдань є формування кластерів як ефективного інструменту розвитку, зокрема на регіональному рівні. Враховуючи існуючі передумови, на базі Поліського регіону доцільним є створення високотехнологічного оборонного кластера та активізація подальшого розвитку регіонального інноваційно-космічного кластера, які сприятимуть досягненню синергетичного соціально-економічного та екологічного ефекту, зокрема у їх оборонному аспекті, від поєднання технічних, технологічних, науково-освітніх та культурних інновацій з прикладним використанням сучасних технологій, насамперед космічних та геоінформаційних. Розроблена та імplementована на правовому рівні концепція створення високотехнологічного оборонного кластера на рівні окремого регіону є основою для подальшого його розвитку і впровадження високотехнологічних сучасних систем озброєння і військової техніки, матеріально-технічного та продовольчого забезпечення Збройних сил України, якісної підготовки відповідних фахівців та проведення наукових досліджень у сферах безпеки і оборони

Створення та забезпечення ефективного практичного функціонування першого в Україні регіонального інноваційно-космічного кластера «Полісся» стимулювало формування подібних кластерів в ряді інших регіонів держави, що активно сприяє розвитку сучасних космічних та геоінформаційних технологій та їх застосуванню у сфері національної безпеки і оборони, управління регіональним розвитком, аграрного сектору економіки, екології та охорони навколишнього середовища, будівництва і транспорту, управління земельними ресурсами, будівництва і транспорту.

Формування високого рівня національної безпеки і оборони України неможливе без функціонуючої надійної системи підтримки прийняття управлінських рішень, яка має бути трирівневою (державна, регіон, громада) з відкритою архітектурою, що забезпечить її здатність вчасно ідентифікувати нові загрози і виклики національній безпеці, оперативно їх опрацьовувати та надавати інформацію зацікавленим споживачам для прийняття всебічно обґрунтованих та виважених рішень політичного, соціально-економічного, екологічного характеру.

Функціонування такої системи має базуватися на використанні, зокрема, сучасних космічних та геоінформаційних технологій, методів математичного моделювання та ситуаційного аналізу. У свою чергу це передбачає потребу у формуванні інфраструктури для забезпечення прийому та попередньої обробки космічної інформації у вигляді наземних інформаційних комплексів космічного моніторингу Землі та програмно-технічних комплексів управління геопросторовими даними, призначених для обробки, редагування, зберігання (архівування) інформації, отриманої з космічних апаратів дистанційного зондування Землі у вигляді геопросторових даних (векторних, растрових, атрибутивних). Такі комплекси створені та діють на базі НЦУВКЗ та Поліського національного університету. Потужність робочих станцій комплексу дає можливість реалізувати повний цикл аналітичної обробки явища або процесу, визначеного у часі та просторі. Повний цикл аналітичної обробки включає в себе прийом інформації з космічного апарату або з архіву такої інформації, обробку цієї інформації, підготовку звітних матеріалів, наповнення бази даних на сервері комплексу.

Невід'ємною складовою національної безпеки і оборони є продовольча безпека, значення якої особливо актуалізувалося в умовах військової агресії. Управління процесами, пов'язаними з формуванням продовольчої безпеки, потребує насамперед розробки відповідної комплексної стратегії, яка передбачає управління продовольчою безпекою з економічної, екологічної, організаційної, нормативної та соціальної позицій, закладає ряд регуляторних механізмів впливу на процес формування продовольчої безпеки та передбачає створення новаторської системи організованого моніторингу за відповідним процесом із застосуванням сучасних космічних та геоінформаційних технологій з метою підготовки актуальних рекомендацій та прийняття управлінських рішень. Положення розробленої стратегії ув'язують в єдиний механізм розрізнені до цього часу складові процесу формування продовольчої безпеки в умовах сучасних глобальних викликів, а саме політику держави у сфері національної безпеки та оборони, розвитку сільського господарства, харчової промисловості, зовнішньої торгівлі продовольством, внутрішнього продовольчого ринку, забезпечення якості і безпечності продовольства, раціонального харчування населення.

Інформаційна підтримка прийняття рішень з питань, пов'язаних з продовольчою безпекою, здійснюється за допомогою створеної та імplementованої підсистеми інформаційної підтримки прийняття агрополітичних рішень «Prod-M», яка передбачає розробку сценарних прогнозів агропромислового сектору економіки України на базі європейської платформи AGMEMOD. Використання вказаної підсистеми дозволяє виявити негативні тенденції змін показників державної та глобальної продовольчої безпеки; прогнозувати наслідки агрополітичних рішень та надавати числову оцінку ефективності їх реалізації; застосовувати алгоритми підсистеми «Prod-M» з метою оперативного короткострокового прогнозування з урахуванням глобальних викликів. У рамках останньої задачі розроблено алгоритми збору

даних для визначення потенційних втрат продовольчих запасів України на тимчасово окупованих територіях та оперативного прогнозування обсягів виробництва й експорту аграрної продукції на базі підсистеми «Prod-M».

В контексті вирішення проблем екологічної безпеки держави розроблено та імплементовано методологічні засади використання геоінформаційних технологій у прийнятті рішень щодо управління природоохоронними територіями, які порушені внаслідок техногенних катастроф, а також воєнних дій (на прикладі Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника). Зокрема, розроблено геопортал, створено автоматизовану систему накопичення геопросторової інформації та організовано процес формування бази даних для інформаційного забезпечення прийняття рішень при управлінні природоохоронними територіями. Застосування системи також забезпечує: зниження небезпеки виникнення кризових ситуацій на об'єктах природо-заповідного фонду, створених на антропогенно порушених територіях, до прийнятного рівня і мінімізацію їх негативних наслідків шляхом своєчасного виявлення та попередження загроз природного, техногенного та антропогенного характеру; безперервний моніторинг радіаційно-небезпечних об'єктів і з функціями збору, обробки, зберігання, передачі даних, включаючи інформаційну підтримку процесів прийняття рішень для забезпечення сталого розвитку антропогенно-порушених територій.

Розроблено та передано до відповідних органів виконавчої влади інноваційну інтегровану систему управління ризиками виникнення лісових пожеж, яка включала загальні алгоритми збору та систематизації відповідних експедиційних та дистанційних даних (дані лісовпорядкування, наявних та проєктних протипожежних заходів, інфраструктури, населених пунктів, об'єктів з підвищеним пожежним ризиком, водних об'єктів, інформацію щодо мережі спостережних пунктів, карту радіоактивного забруднення лісів, мережу пожежних дільниць та відомості про їх мобільність, ретроспективні дані щодо виникнення пожеж, об'єкти природно-заповідного фонду, оптимальне місцезонашування об'єктів протипожежної інфраструктури), обґрунтовано підходи до їх комплексного аналізу та напрями використання результатів, а також розроблено рекомендації щодо стабілізації пожежної ситуації.

Запропоновано та апробовано робочий процес застосування супутникових даних Sentinel-2 для застосування у вирішенні прикладних задач лісового господарства та аналізу рослинності, який досяг загальної точності класифікації 90 % для Поліського регіону, вказуючи на його надійність та потенціал для масштабування на більший рівень, а запропонована прогнозна модель має стаціонарний характер та не залежить від часових параметрів. Застосування методу максимальної подібності з синтезом каналів 2/3/4/8 для багаточасових наборів даних Sentinel-2 є найбільш точним та інформативним щодо виявлення ділянок всихання лісів та спектральних каналів 12/8a/4 – для виявлення згарищ та пожеж.

Для обґрунтування сфери використання геопросторових даних для підтримки прийняття рішень на рівні об'єднаної територіальної громади та оптимальної структури геоінвестиційного порталу громади, проведено соціологічне дослідження серед керівників та спеціалістів громад на базі програмного середовища ArcGIS Survey123. Проведене дослідження охоплює шість тематичних сфер: 1 блок: «Територіальні особливості»; 2 блок: «Інвестиційні об'єкти»; 3 блок: «Інфраструктура громади»; 4 блок: «Соціальний блок»; 5 блок: «Суб'єкти господарювання»; 6 блок: «Екологічний стан». До основних інформаційних потоків на рівні об'єднаної територіальної громади, придатних для геокодування, слід віднести: оптичні знімки з КА, транспортні, мережі, гідрографія, рельєф, земний покрив, ортофотоплани, будівлі і споруди, адміністративно-територіальний устрій, органи державної влади та органи місцевого самоврядування, служби, заклади, підприємства, установи та організації, виробничі, промислові та логістичні об'єкти, споруди сільського господарства та аквакультури, розподіл населення, демографія, територіальні зони, зони регулювання, обмеження у використанні земель та облікові одиниці.

Визначено, що основними джерелами наповнення баз геопросторових даних на рівні об'єднаної територіальної громади можуть бути: Публічна кадастрова карта України, ДержГеоКадастр, OpenStreetMap, Natural Earth, UNEP Geodata, Global Administrative Areas, DIVA-GIS, Global Map, SEDAC, GeoNetwork, USGS Land Cover Institute. Сучасні вимоги високодинамічних і конкурентоспроможних бізнес-моделей розвитку як соціально-економічних територій, так й окремих бізнес-одиниць, вимагають забезпечення отримання швидких, кваліфікованих та економічних послуг з отримання необхідної інформації. Ці вимоги можуть бути задоволені лише за рахунок інтеграції великої кількості даних з різних джерел, які для повноцінного їх використання потребують інфраструктури просторових даних і одним із ефективних інструментів такого використання є геопортал. Він є також ефективним механізмом залучення інвесторів для розвитку сільських територій, відкриття нових видів бізнесу.

В процесі обґрунтування основних елементів геопросторового забезпечення об'єднаної територіальної громади на основі геопорталу розроблено комплекс методичних рекомендацій геокодування таких шарів як межі громади та населених пунктів, типи ґрунтів, топографічна основа, структура земель, водні об'єкти, дороги, залізниця, електромережі, система газифікація, полігони ТПВ, юридичні особи, фізичні особи, населення, медицина, спортивні зали та інвестиційні об'єкти.

В умовах збройної агресії російської федерації проти України гостро постало питання щодо забезпечення оперативною інформацією вітчизняної системи підтримки прийняття рішення у сфері безпеки судноплавства. Функціонування такої системи має забезпечити постійний моніторинг надводної та підводної обстановки в операційних зонах відповідальності Міністерства оборони України, ВМС України, Державної прикордонної

служби України, Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Адміністрації морських портів України, інших державних органів і служб та своєчасно забезпечувати усі зацікавлені сторони оперативною, узагальненою та спеціалізованою інформацією про надводну обстановку в територіальному водах та економічній морській зоні України з метою виявлення загроз і прийняття відповідних рішень щодо порушення морських кордонів та для застосування надводних сил ВМС України; оцінки обстановки, опрацювання прогнозів її розвитку, підготовки та прийняття рішень, у тому числі щодо розв'язання кризових ситуацій при здійсненні судноплавства, при виникненні надзвичайних ситуацій (лих) на морі; підтримки виконання функцій управління в ході проведення пошуково-рятувальних операцій на морі та забезпечення організації взаємодії з силами та засобами усіх відомств, які задіяні при їх проведенні; обміну даними обстановки між взаємодіючими органами виконавчої влади, діяльність яких пов'язана з морською сферою.

Застосування систем ДЗЗ надає унікальні можливості з оперативного збору даних та надання їх в систему підтримки прийняття рішень в інтересах національної безпеки і оборони на морі для вирішення завдань виявлення місць розташування плавзасобів у портах та спостереження за їх пересуванням і діями у акваторіях Чорного і Азовського морів для визначення та попередження загроз безпеки судноплавства; контролю та моніторингу дій ВМС країни – агресора для упередження можливих ракетних та вогневих атак та вживання заходів щодо забезпечення безпеки морських транспортних військових та цивільних перевезень з урахуванням надводної морської обстановки; визначення небезпечних морських об'єктів (природних скель та рифів, своїх та ворожих бонових загороджень, мінних полів тощо), морських районів, на яких є ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, що можуть вплинути на виконання бойового завдання в ході ведення бойових дій та здійснення транспортних перевезень; оперативного моніторингу проведення морських пошуково-рятувальних операцій.

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

СКИДАН Олег Васильович
ДАНИК Юрій Григорович
ФЕДОНЮК Тетяна Павлівна
НИКОЛЮК Ольга Миколаївна
ПИВОВАР Петро Вікторович
БРУХНО Ігор вікторович
ДАНКЕВИЧ Віталій Євгенович
ТОПОЛЬНИЦЬКИЙ Павло Петрович
ВИШНЯКОВ Вячеслав Юрійович
ЯНЧЕВСЬКИЙ Сергій Леонтійович

**КОСМІЧНЕ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У КЛЮЧОВИХ СФЕРАХ
НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ
УКРАЇНИ**

Монографія

Роздруковано з оригіналу-макета авторів

Підписано до друку 17.11.2022 р.
Формат 60х84/16. Гарнітура Times New Roman
Зам. № 265. Ум. друк. арк. 20,69
Наклад 100 прим.

Свідоцтво суб'єкта про державну реєстрацію
ДК № 7381 від 13.07.2021 р.
Поліський національний університет
10008, м. Житомир, вул. бульвар Старий, 7

