

СТАЛИЙ РОЗВИТОК:
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ. ЗБАЛАНСОВАНЕ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Колективна монографія

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.
ЗБАЛАНСОВАНЕ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

Колективна монографія

Київ
Яроченко Я.В.
2022



Міністерство освіти і науки України
Львівська обласна державна адміністрація
Національний університет «Львівська політехніка»
Інститут сталого розвитку ім. В. Чорновола
Західний науковий центр НАН України і МОН України
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

Колективна монографія

За редакцією проф. Мальованого М. С.

Київ
Яроченко Я.В.
2022

Міністерство освіти і науки України
 Львівська обласна державна адміністрація
 Національний університет «Львівська політехніка»
 Інститут сталого розвитку ім. В. Чорновола
 Західний науковий центр НАН України і МОН України
 Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

*Рекомендовано Науковою радою
 Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління
 (протокол № 5-22 від 24.11.2022 року)*

Відповідальний за випуск:

Вронська Н. Ю. кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету «Львівська політехніка».

Рецензенти:

Пляцук Л. Д. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій Сумського державного університету.

Шмандій В. М. доктор технічних наук, професор кафедри екології та біотехнології Кременчуцького Національного університету імені Михайла Остроградського.

Адаменко Я. О. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Масікевич Ю. Г. Масікевич Ю. Г. доктор біологічних наук, професор кафедри гігієни та екології Вищого державного начального закладу України «Буковинський державний медичний університет».

*Колективна монографія опублікована за результатами 7-го Міжнародного конгресу
 «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*

С 76 **Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування** : колективна монографія / [авт. кол. : Мадані М. М., Крутоголова І. О., Андрєєва Н. М. та ін.] / за ред. проф. Мальованого М. С. – Київ : Яроченко Я. В., 2022 – 566 с. : рис., таблиці / Online-видання.

ISBN 978-617-7826-23-0 (Online)

Монографія присвячена освітленню результатів наукових доповідей, оголошених на 7-му Міжнародному конгресі «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» та відображає наукові дослідження авторів у сфері: екології, екологічної та цивільної безпеки, туризму, підприємництва та біржової діяльності тощо.

Для науковців, викладачів, аспірантів, докторантів тощо.

УДК: 502.17

РОЗДІЛ 1

«ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ,
МОНІТОРИНГ, АУДИТ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА
РИЗИКУ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ»

1.1.	Мадані М. М. Використання ГІС для екологічної оцінки територіальних комплексів.....	7
1.2.	Крутоголова І. О., Андрєєва Н. М. Методичне забезпечення економіко-екологічної безпеки підприємств енергетичного сектору України.....	32
1.3.	Давибіда Л. І., Єршов М. О. Геопросторовий аналіз параметрів діючої мережі державної системи гідрогеологічного моніторингу України.....	47
1.4.	Лакида П.І., Василишин Р.Д., Мельник О.М. Екосистемні функції лісів у межах національних природних парків Українського Полісся.....	62
1.5.	Іващук О.С., Атаманюк В.М., Чижович Р.А., Манастирська В.А., Собечко І.Б. Дослідження одержання альтернативного твердого палива із відходів харчової промисловості.....	80
1.6.	Петрова Ж.О., Пазюк В.М., Новікова Ю.П., Петров А.І. Дослідження з переробки торфу на композиційне паливо.....	93
1.7.	Кобзар С.Г., Гапонич Л.С., Голенко І.Л., Топал О.І. Дослідження процесу сумісного спалювання вугілля з паливом з твердих побутових відходів на ТЕС.....	104
1.8.	Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Сейсмічний і геоакустичний моніторинг для запобігання аварій на техногенно навантажених територіях.....	125
1.9.	Сухіна О.М., Антоненко В.М., Улицький О.А. Вартісна оцінка екосистемних послуг для встановлення плати за їх використання чи знищення: еколого-економічний контент національної безпеки (на прикладі національного парку «Бузький Гард»).....	149
1.10.	Уланов М.М. Екологічні засади виробництва водню на існуючих АЕС.....	173
1.11.	Вронська Н.Ю., Бондар О.І., Мальований М.С., Попович О.Р., Тимчук І.С. Актуальні проблеми сталого розвитку. Екологічні та економічні наслідки зміни клімату.....	190

		стор.
1.12.	Пясецька С.І., Щеглов О.А., Гребенюк Н.П. Порівняння полів середньої місячної температури повітря протягом кліматичних норм 1991-2020 рр. відносно 1961-1990 рр.....	202
1.13.	Попович О.Р., Вронська Н.Ю., Мальований М.С., Тимчук І.С. Огляд розвитку вітроенергетики як альтернативного джерела енергії в Україні і світі.....	229
1.14.	Тимофєєв В.Є., Кихтенко Я. В., Савчук С.В., Татарчук О.Г. Оцінка сонячних ресурсів та геліопотенціалу України у світі сучасних змін клімату.....	244
1.15.	Чумаченко С.Н., Луньова О.В., Гончаренко І.О., Луньов А. Концепція оцінювання впливу воєнно-техногенного навантаження на зміни біотичної складової екосистем в умовах ведення бойових дій.....	286

РОЗДІЛ 2

«ІННОВАЦІЙНІ ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ. ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ, ВОДИ ТА ЕНЕРГІЇ. ЕКОІНОВАЦІЇ В АРХІТЕКТУРІ»

2.1.	Павлюк О.В., Баран М.М., Каменських Д.С., Ткаченко Т.В., Євдокименко В.О. Макулатура – альтернативне джерело цінних матеріалів та речовин.....	300
2.2.	Пироженко Є.В. Інформативний метод контролю зразка пивних стоків міні-пивоварні.....	323
2.3.	Юшкевич П.О., Молчанов Л.С., Голуб Т.С. Узагальнення сучасного досвіду удосконалення конструкції футерівки печей віддзеркального типу в контексті раціонального ресурсокористування та сталого розвитку.....	343
2.4.	Сушацький Ю.В., Шепіда М.В., Знак З.О. Гетерогенний процес соно-фентон для деградації левоміцетину.....	357
2.5.	Бордун І.М., Мальований М.С., Борисюк А.К., Нагурський Н.О. Дослідження структури і магнітних властивостей магніточутливого вугілля з бурякового жому.....	381
2.6.	Sabliy L., Zhukova V. Improvement of the technology of local wastewater treatment of the meat plants.....	400

		стор.
2.7.	Чалаєв Д.М., Грабова Т.Л., Гончаров П.В., Базєєв Р.Е. Підвищення ефективності озонкової технології очищення повітря в системах ОБіК.....	411
2.8.	Radovenchyk I.V., Trus I.M., Radovenchyk V.M., Gomelya M.D., Hlushchuk V.R. A new method of disposal of concentrated solutions by crystallization of their components.....	424
2.9.	Telyma S.V. Hydroecological analysis of impact of the filtration from main channels on the processes of flooding by the ground waters the adjacent territories in Kherson region.....	452

РОЗДІЛ 3

«ЕКОНОМІКО-УПРАВЛІНСЬКИЙ, ТУРИСТИЧНИЙ ТА ОСВІТНІ АСПЕКТИ У СИСТЕМІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ»

3.1.	Теребух А.А., Паньків Н.Є., Роїк О.Р. Актуальні питання екологічної безпеки в умовах ескалації російсько-української війни.....	480
3.2.	Синельніков О.Д., Лоїк В.Б., Бабаджанова О.Ф. Вплив радіаційного опромінення та захист населення в умовах радіаційної небезпеки.....	517
3.3.	Корольчук Л.В. Екологізація освіти України на шляху до сталого розвитку....	532

РОЗДІЛ 1

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ, МОНІТОРИНГ, АУДИТ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

ВИКОРИСТАННЯ ГІС ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

Мадані М.М., Одеський національний технологічний університет, доцент
кафедри екології та природоохоронних технологій, м. Одеса,
Україна

Abstract

A geo-ecological assessment of the Tatarbunar district was carried out on the basis of spatial geo-informational analysis of remote sensing data. The distribution of heating of different types of land in the district and the amplitude of their fluctuations was analyzed based on thermal scanners – TIRS of the Landsat8 satellite. A seasonal analysis of the vegetation cover dynamics was carried out based on the values of the NDVI vegetation index. This is a spatial characteristic of the moisture content of different types of land in the district based on the NDMI index. According to these indicators, it is demonstrated that agricultural arable land has significantly greater heterogeneity than other types of terrestrial land. A comparative analysis of the percentage of the natural reserve fund of the district with other districts of Odesa, Mykolaiv and Kherson regions was carried out. The proposed ecologically balanced territorial structure of the land organization and measures to increase the ecological stability of the agro-landscapes of the district. A detailed hydrogeomorphological analysis of the Karachaus estuary was conducted, on the basis of which reclamation and nature protection measures were proposed.

Вступ

Татарбунарський район розміщується у південно-західній частині Одеської області та відображає основні ландшафтно-господарські особливості регіону: водні, сільськогосподарські, курортні та природоохоронні території. З іншого боку він є типовим аграрним районом області з повсюдним

розорюванням земель, з домінуючим антропогенним впливом у вигляді сільськогосподарської діяльності, яка на 91 % від загальної площі с/г угідь представлена у вигляді рілля, при цьому 4,16 % рілля з деградованими землями. Вже за цими даними зрозуміло, що така Земельна структура та форма природокористування має комплексний негативний вплив на еколого-економічні процеси та не може забезпечити сталий розвиток регіону, зокрема вона є антагоністичною по відношенню до унікальних перехідних екосистем водно-болотних угідь міжнародного значення, розташованих в межах району (деградація водотоків, замулення, забруднення ксенобіотиками, евтрофування, скорочення біологічного різноманіття в них та інше).

До вирішення питань збалансованого природокористування регіону можуть бути залучені дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) – спектрональні супутникові знімки, цифрові моделі рельєфу та геоінформаційні системи (ГІС), які дають змогу одночасно охопити досліджуваний регіон в цілому, здійснювати регулярний моніторинг і істотно зменшити витрати на дорогі експедиційні роботи, що дозволяє отримати великий масив характеристик стану територіальних комплексів району.

Для оцінки рівня перетворюваності природно-територіальних комплексів найбільше поширення отримали кількісні методи оцінки антропогенних змін ландшафтів, на основі співвідношення природних та антропогенних елементів. Методи ландшафтно-екологічної оптимізації та оцінки еколого-господарського балансу території на основі інвентаризації угідь з їх ранжуванням за ступенем антропогенних змін викладанні у роботах О. Л. Попової (2012), Л.П. Царика (2009).

Для України Стойко Н., Прасова В. (2017) розглядали питання планування структури землекористування, враховуючи міжнародний досвід, природні і економічні особливості.

У дослідженнях Гладун Г. Б. (2014) для Одеської області, включаючи Татарбунарський район, розглянуті адаптивно-ландшафтні принципи

застосування поєднаного лісорозведення, у тому числі площі необхідних поєднаних лісосмуг.

Соколов Є.В. (2015) у своїх дослідженнях для Татарбунарського району провів оцінку екологічного стану земельних ресурсів, на основі показників розораності, вмісту гумусу, екологічної стійкості, ерозії та інші, включаючи інтегральні індекси. Продемонстровано, що земельні ресурси району не відповідають вимогам раціонального природокористування, в першу чергу, за рахунок порушення співвідношення площі ріллі.

Аналіз природоохоронного режиму прибережно-захисних смуг (ПЗС) гідроекосистем Татарбунарського району і структури їх угідь проведено в роботі Рубеля О. Е. (2009) та зазначено, що район характеризується дуже низькою інвентаризацією ПЗС з відповідною проектною документацією. В цій же роботі проаналізовані проблеми ефективного і комплексного використання лиману Сасик опрісненого в результаті подачі в нього річкової води з каналу «Дунай-Сасик». В колективній роботі Ю. П. Зайцева, Б. Г. Олександрова (2006) з урахуванням антропогенного впливу проаналізовані особливості гідрологічного, гідрохімічного та гідробіологічного режимів екосистем лиманних комплексів розташованих в межах району, зокрема лиманів Тузловської групи (Шагани, Алібей, Бурнас).

В роботі розглянуті можливості застосування даних дистанційного зондування Землі для функціональної оцінки змінених антропогенною діяльністю угідь, в першу чергу ріллі, проведено аналіз еколого-господарського балансу району на основі геоекологічних коефіцієнтів, виділені ділянки, які в першу чергу мають екологічні ризики екзогенних процесів та впливу антропогенних чинників на основі геоморфологічних особливостей з використання цифрових моделей рельєфу. Запропоновані заходи підвищення екологічної стабільності агроландшафтів та ландшафтно-антропогенної структури угідь району. Проведено гідрографічне районування та виділені водозбірні площі Татарбунарського району. Для одного з них – водозбірного

басейну л. Карачаус проаналізовані гідролого-морфологічні особливості та розроблена схема впровадження заходів щодо сталого природокористування. Представлений картографічний матеріал вищезазначених складових, не дивлячись на те, що матеріали статті несуть в першу чергу демонстраційні та методологічні аспекти, може бути використаний для подальшої, більш глибокої просторово-часової оцінки екологічного стану територіальних комплексів району, спрямованої на розробку менеджмент-планів зі сталого природокористування.

Метою роботи є: функціональна оцінка екологічного стану ландшафтно-господарської структури та розробка рекомендацій з захисту природно-територіальних комплексів Татарбунарського району Одеської області на основі використання ГІС та даних ДЗЗ.

Основними завданнями, спрямованими на виконання мети були:

- оцінка екологічних параметрів (температура прогріву територіальних комплексів, посушливість, стан рослинної біомаси) та їх взаємозв'язку в просторовій і часовій динаміці одночасно на всій території району;
- оцінка стану природокористування та його збалансованість;
- аналіз рельєфу місцевості і виділення ділянок, які в першу чергу мають найбільший екологічний ризик екзогенних процесів та впливу антропогенних чинників;
- гідрографічне районування та розробка заходів зі сталого природокористування та природоохоронних заходів водозбірного басейну л. Карачаус «Тузловського комплексу».

Матеріали та методи досліджень

В якості вихідних даних використовувались супутникові знімки Landsat8 з сенсорами OLI та TIRS (USGS GlobalVisualizationViewer, 2021), цифрові моделі рельєфу просторової роздільної здатності 30 м, які отримані за результатами радарної зйомки в рамках міжнародної місії – «Shuttle radar

topographic mission» (SRTM30). Просторовий розподіл населення проводився на основі даних «OpenStreetMap» (Open Street Map Wiki contributors. Map Features, 2021), з використанням автоматичної інтерполяції методом IDW (обернено-зважених відстаней). Просторовий аналіз та обробка даних здійснювались в програмному ГІС пакеті Qgis v 3.4.6, в якому також здійснювались радіометричне калібрування та атмосферна корекція супутників Landsat8 на основі використання геоінформаційного модулю «Semi automatic plugin».

Для перерахунку спектральної яскравості далекого інфрачервоного випромінювання в одиниці температури були використані значення розрахункових коефіцієнтів відповідно до методики розрахунку (Using the USGS Landsat 8 Product, 2021) з файлу метаданих, який додається до супутникових знімків.

Для кількісної оцінки рослинного покриву був розрахований Normalized Difference Vegetation Index – NDVI (Нормалізований відносний індекс рослинності) (Dalezios, 2002), який є одним з найпоширеніших індексів для вирішення завдань з кількісної оцінки рослинного покриву.

Розподіл обводнення території оцінювався за допомогою модифікованого нормалізованого диференційного водного індексу (NDMI), який є похідною від ближньої і короткохвильової інфрачервоної частинами спектра довжини хвиль та є характеристикою рівень посушливості ландшафтних комплексів (Wilson & Sader, 2002).

Для розрахунку ділянок з потенціалом площинної ерозії був використаний LS-factor (length, slope factor), який об'єднує вплив ухилу і довжини схилу місцевості, розрахований за відповідною методикою на основі цифрової моделі рельєфу (Moore and Burch, 1995).

Виклад основного матеріалу

Аналіз розподілу температури територіальних комплексів Татарбунарського району

Однією з найважливіших фізичних характеристик в екологічних дослідженнях є поверхнева температура, яка характеризує інтенсивність процесів в природних середовищах і ступінь їх однорідності. Аналіз розподілу температури територіальних комплексів Татарбунарського району на основі супутника Landsat8 дозволив виявити високу амплітуду показника. Так, наприклад, за результатами супутникової зйомки Landsat8 максимальне значення температури територіальних комплексів склало $28,50^{\circ}\text{C}$, тоді як мінімальне значення – $16,41^{\circ}\text{C}$, стандартне відхилення температури – $3,88^{\circ}\text{C}$, коефіцієнт варіації 24 % – досить однорідний, головним чином за рахунок розораних ґрунтів без рослинного покриття (рис. 1), доля яких на цю дату склала 78 % від загальної площі суші району. Саме ці ділянки мають найбільший прогрів поверхні (рис. 2).

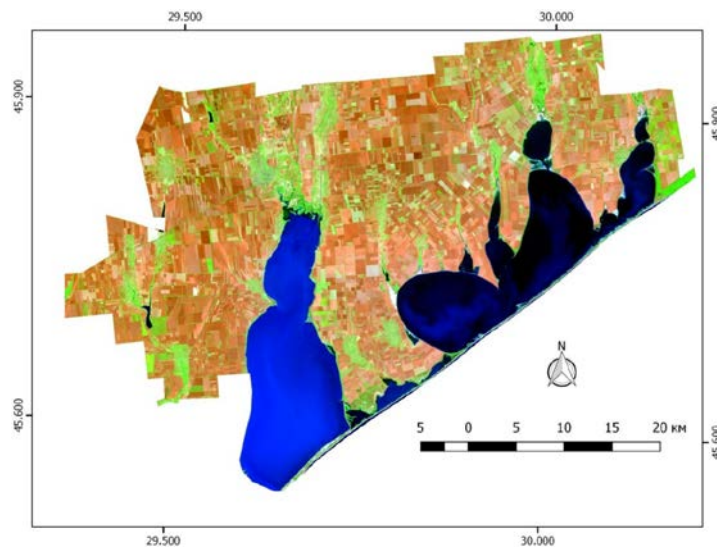


Рис. 1. Кольорово-синтезоване зображення природно-територіальних комплексів Татарбунарського району на основі спектральних каналів супутника Landsat 8: B7 – середній ІЧ2 (SWIR-2); B5 – ближній ІЧ (NIR); B3 – зелений (Green) отримане 22 вересня 2021 року

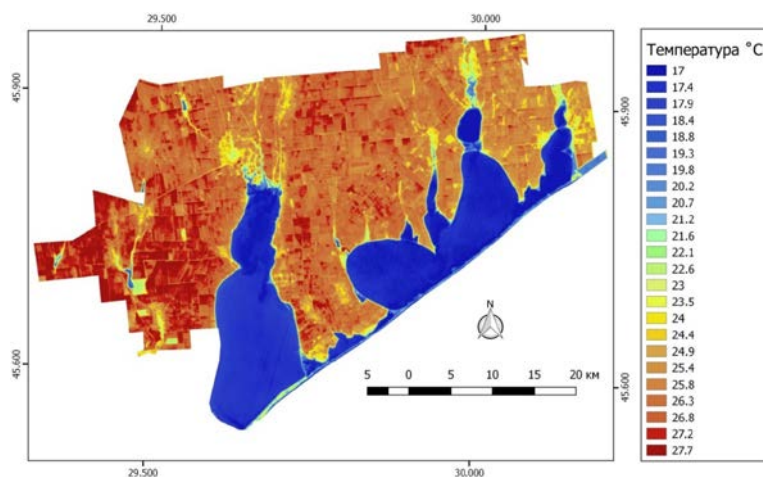


Рис. 2. Розподіл поверхневої температури (LST) природно-територіальних комплексів Татарбунарського району за даними термального каналу B10 супутника Landsat8 отримане 22 вересня 2021 року

Загалом для району найбільший частотний розподіл значень температур припадає на розорані землі та водні об'єкти (рис. 3).

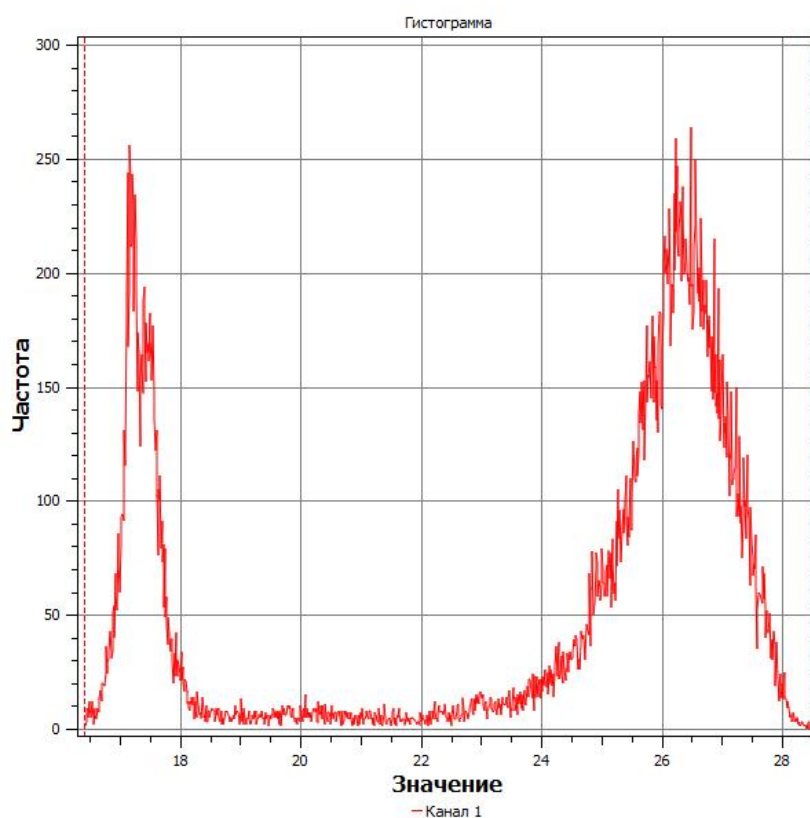


Рис. 3. Гістограма значень розподілу поверхневої температури (LST) територіальних комплексів Татарбунарського району за даними Landsat8 отримане 22 вересня 2021 року

Амплітуда коливань температури наземних угідь на території району склала 9,81 °С для одного і того ж періоду часу, тобто прогрів розораного ґрунту навіть восени більше майже на 10 °С, ніж під рослинним покривом, що безумовно впливає на гідрологічні, геохімічні та біологічні процеси району.

Динаміки рослинного покриву. Просторовий розподіл NDVI за часом на території району дозволив виявити значну зміну показника навіть на протязі одного місяця. Так, наприклад, розрахунок NDVI на момент 24.05.2021 р., показав, що максимальні значення в діапазоні 0,5-0,81 – густий рослинний покрив (табл. 1) мали землі площею 341,66 км² (рис. 4), у кінці літа – 26.08.2021 р. землі з максимальними значеннями індексу в діапазоні 0,5-0,79 займали площу 55,45 км² (рис. 5), а ще через місяць рослинний покрив із значенням індексу в діапазоні більше 0,5 зменшився до площі 13,641 км² (рис. 6), тобто більше ніж в 25 разів у порівнянні з травнем, що в першу чергу пов'язано зі збором врожаю та розорюванням земель.

Таблиця 1

Значення індексу NDVI для різних об'єктів

Тип земельного покриву	NDVI (шкала від: -1 до 1)	NDVI (шкала від: 0 до 255)
Густа рослинність	$0.500 \leq \text{NDVI} \leq 1$	$210 \leq \text{NDVI} \leq 255$
Розріджена рослинність	$0.140 \leq \text{NDVI} < 0.500$	$118 \leq \text{NDVI} < 210$
Бідна рослинність	$0.090 \leq \text{NDVI} < 0.140$	$105 \leq \text{NDVI} < 118$
Гола земля	$0.025 \leq \text{NDVI} < 0.090$	$88 \leq \text{NDVI} < 105$
Хмари	$0.002 \leq \text{NDVI} < 0.025$	$83 \leq \text{NDVI} < 88$
Сніг та лід	$-0.046 \leq \text{NDVI} < 0.002$	$70 \leq \text{NDVI} < 83$
Вода	$-1 \leq \text{NDVI} < -0.046$	$0 \leq \text{NDVI} < 70$

Характерною особливістю агроландшафтів, а саме ріллі, в порівнянні з іншими природно-територіальними комплексами є наявність суттєвої сезонної динаміки кількості і щільності рослинної біомаси, відповідно за значеннями індексу NDVI, особливо в період з травня до жовтня. Ця властивість пов'язана з процесом обробки і вирощування цього типу угідь. При цьому, відповідні

значення рослинної біомаси інших типів угідь за той же період змінюються не так суттєво (табл. 2).

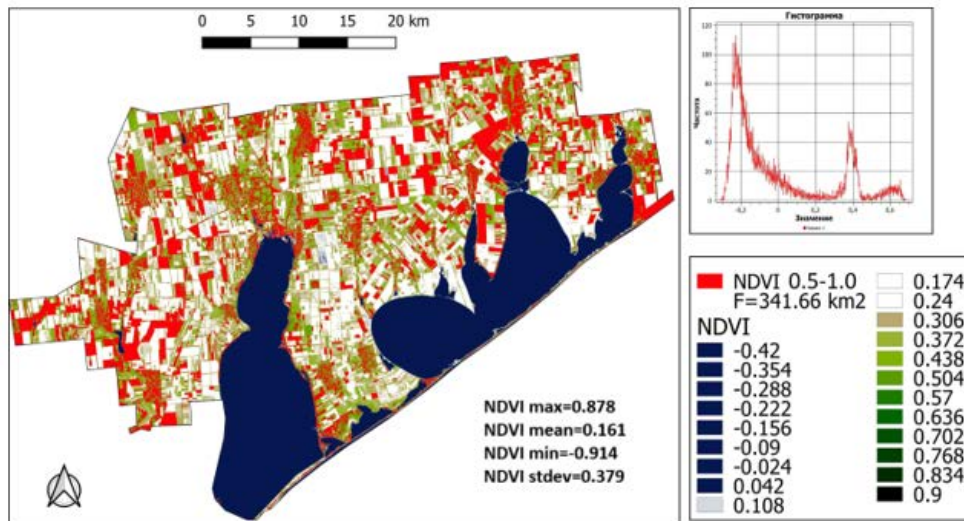


Рис. 4. Розподіл індексу NDVI на території Татарбунарського району
отримане 20 липня 2021 року

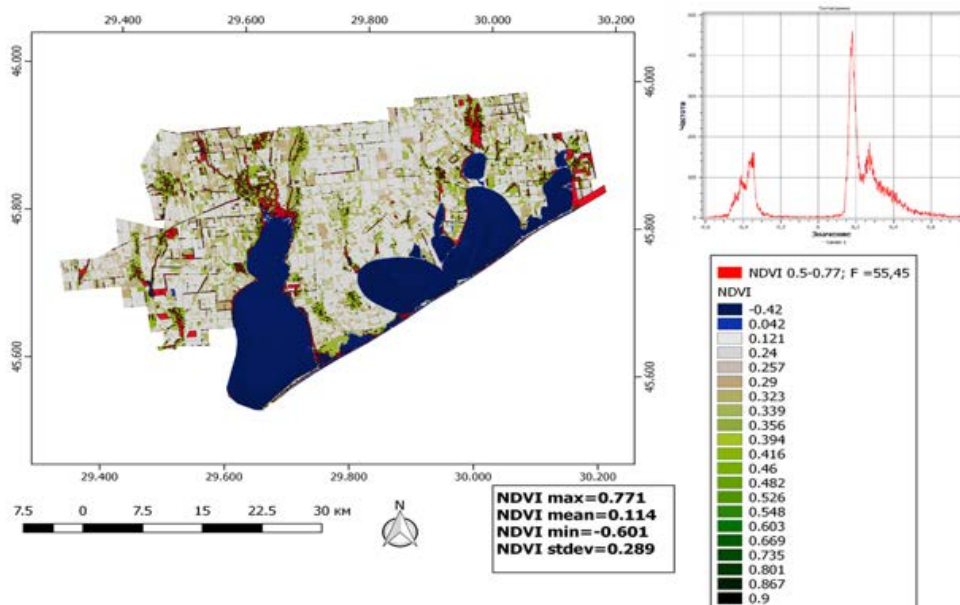


Рис. 5. Розподіл індексу NDVI на території Татарбунарського району
отримане 26 серпня 2021 року

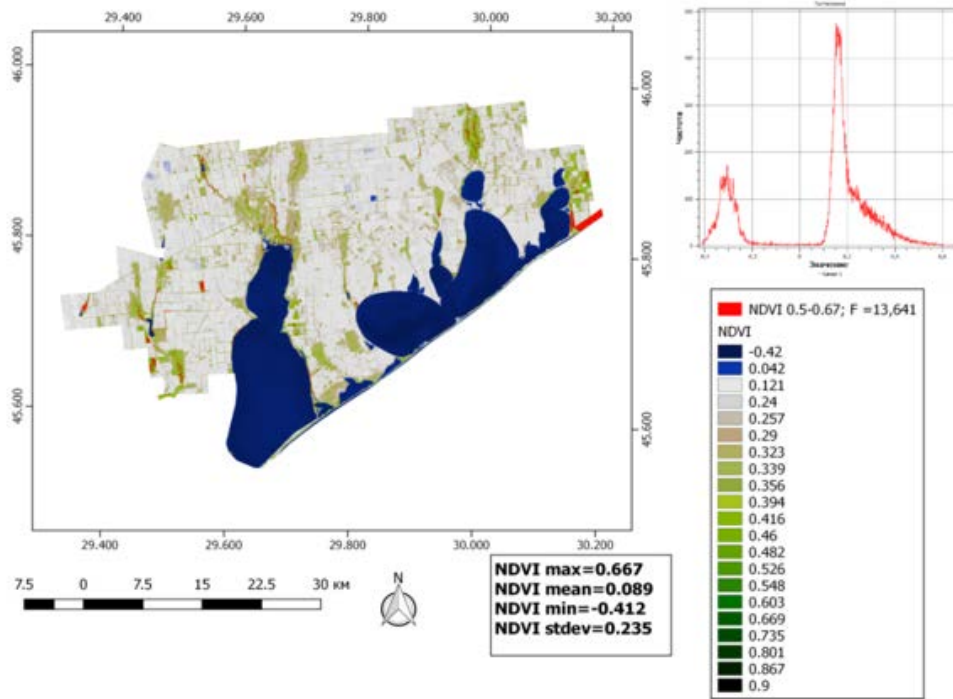


Рис. 6. Розподіл індексу NDVI на території Татарбунарського району
отримане 22 вересня 2021 року

Таблиця 2

Значення індексу NDVI для наземних угідь Татарбунарського району

Тип угіддя	24.05.2021			20.07.2021			22.09.2021		
	Серед.	Макс.	Мін.	Серед.	Макс.	Мін.	Серед.	Макс.	Мін.
Рілля	0,57	0,81	0,11	0,51	0,77	0,08	0,14	0,69	0,05
Луки	0,53	0,79	0,40	0,46	0,70	0,31	0,33	0,56	0,22
Плавні	0,57	0,81	0,43	0,58	0,79	0,50	0,42	0,62	0,31
Ліси	0,75	0,81	0,53	0,74	0,81	0,49	0,55	0,64	0,34

Оцінка водозабезпеченості. Оцінка водозабезпеченості території є важливою характеристикою в області водного господарства та розробки принципів раціонального використання водних ресурсів регіону. Дані спектральної супутникової зйомки поряд з польовими і метеорологічними дослідженнями дозволяють отримати додаткову інформацію вмісту вологи в ґрунтах і в рослинному покриві використовуючи, наприклад нормалізований диференційований індекс зволоженості (NDMI). Високий вміст вологи

характерний для здорової рослинності, яка швидше росте та більш стійка до пожеж.

Як впливає з розподілу індексу 22.09.2021 р. найменші його значення притаманні для розораних ґрунтів, найбільші значення для ділянок з рослинним покривом і прибережних територій (рис. 7).

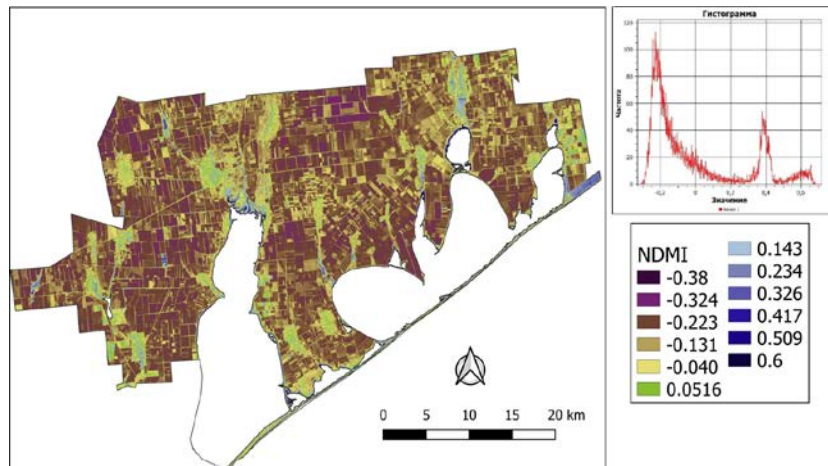


Рис. 7. Розподіл індексу NDMI для Татарбунарського району за даними супутника Landsat8 отримане 22 вересня 2021 року

Порівняльний регресійно-кореляційний аналіз функціональних показників.

Порівняльний аналіз растрових поверхонь функціональних показників Татарбунарського району – прогріву, розвитку рослинності та зволоженості територіальних комплексів, розрахованих за матеріалами спектрозональних супутникових знімків отриманих 22.09.2021 р., вже візуально дозволяє виявити взаємозв'язок між ними.

Градiєнт температур найбільшій на ділянках між рослинним покривом та «голими» ґрунтами, що також вказує на зв'язок між рослинним покривом та температурою. Для кількісної характеристики цих процесів була обрана тестова ділянка ріллі на території району з засіяними та розораними угіддями. Розрахунок кореляційного зв'язку між поверхневою температурою LST, вегетаційним індексом NDVI та індексом зволоженості угідь NDMI продемонстрував статистично-значущий кореляційний зв'язок (рис. 8).

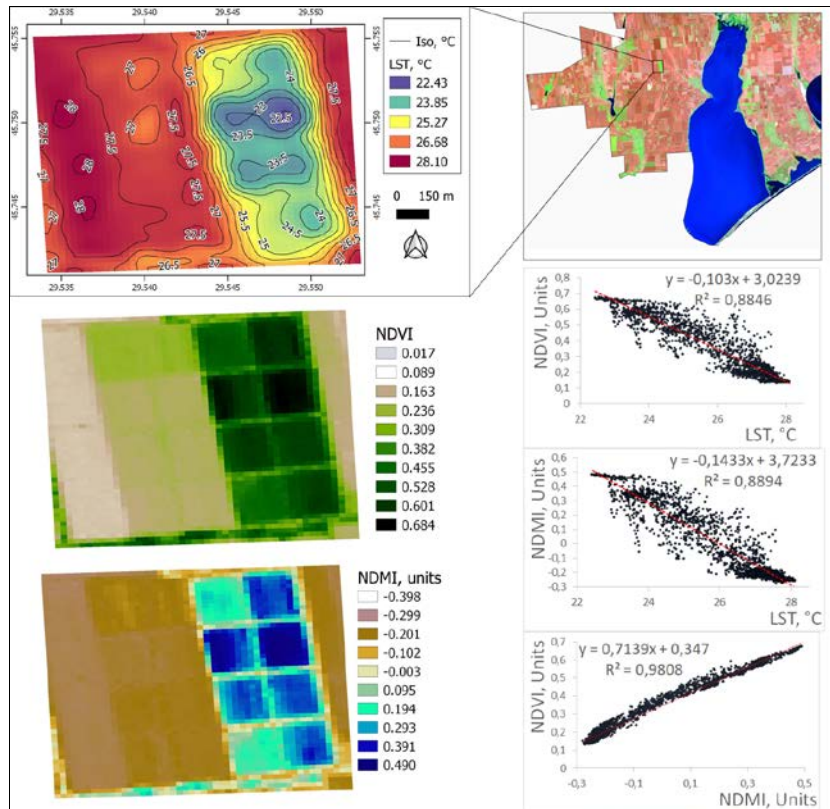


Рис. 8. Розподіл поверхневої температури LST, вегетаційного індексу NDVI та індексу зволоженості угідь NDMI на тестовій ділянці ріллі на території Татарбунарського району з засіяними та розораними угіддями за даними Landsat8 отримане 20 вересня 2021 року

За коефіцієнтом детермінації (R^2) між зазначеними характеристиками розподіл значень найбільш щільний для розорюваних ґрунтів. Розподіл ізотерм вказує на найбільший градієнт в пограничній зоні між ґрунтами та рослинним покривом.

Структура землекористування. Аналіз структури землекористування на території Татарбунарського району за даними екологічного паспорта Одеської області показав, що в цілому його територія характеризується значною площею об'єктів природно-заповідного фонду (рис. 9), за рахунок водно-болотних угідь: Тузловського комплексу лиманів: «Шагани-Алібей-Бурнас» (унікальних прибережних водойм естуарно-лагунного типу, сформованих під впливом трансгресії моря в геологічному минулому).

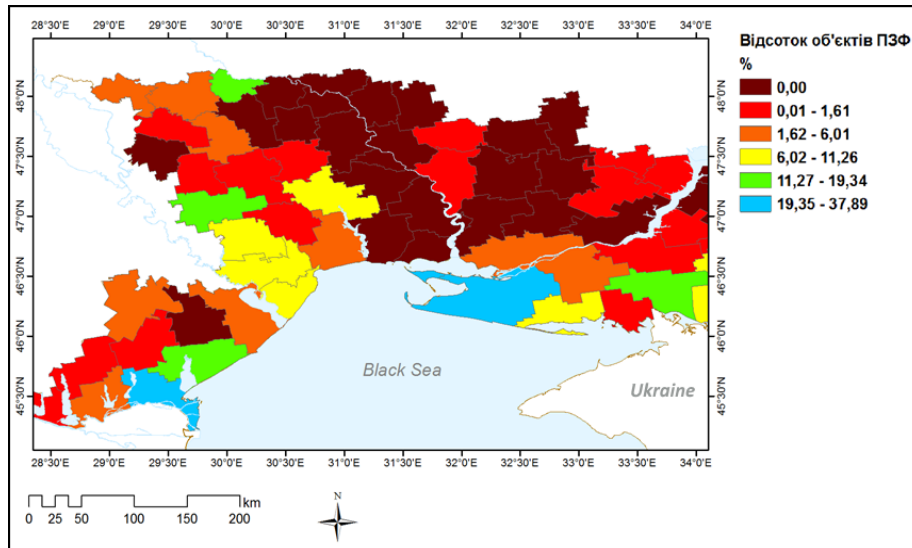


Рис. 9. Відсоток об'єктів природно-заповідного фонду в адміністративних районах областей північно-західного Причорномор'я

Відсоток ПЗФ за районом в цілому складає 16,5 % (територія суші разом з водними об'єктами), тоді як в більшості адміністративних районів Причорноморських областей об'єкти ПЗФ, або відсутні зовсім, або їх кількість менше 2 %.

Незважаючи на значний відсоток від загальної площі району об'єктів ПЗФ та Рамсарських водно-болотних угідь міжнародного значення, які формують екомережу Одеської області, структура землекористування району украї незбалансована. Значну частину територій району займає рілля – 61,44 %, або 81,61 % від площі суші (табл. 3), при цьому доля повністю деградованих з них більше 4 %. Така структура землекористування району незбалансована, оскільки при порушенні сталих екологічних зв'язків більш ніж на 40 % система знецінюється і деградує.

Таблиця 3

**Структура земель Татарбунарського району разом з водними об'єктами
(за даними екологічних паспортів та супутникових вимірів)**

Назва об'єктів	Площа, тис. га	Відсоток, %	
		Разом з водними об'єктами	Без урахування водних об'єктів
Загалом район	174,30	100,00	100,00
Об'єкти ПЗФ (землі запасу)	5,45	3,13	4,16
Ліси під ПЗФ	0,54	0,31	0,41
Водні об'єкти під ПЗФ	22,90	13,13	-
Інші водні об'єкти	20,21	11,59	-
Плавні та заболочені землі	3,18	1,82	2,42
Ліси	3,60	2,06	2,74
Пасовища, сіножатті	5,40	3,10	4,12
Рекреаційні території	0,10	0,06	0,08
Прибережні захисні смуги	0,27	0,15	0,21
Багаторічні насадження	0,62	0,36	0,47
Піщані відкриті землі	0,74	0,43	0,56
Рілля з деградованими землями	4,28	2,46	3,26
Рілля	102,80	58,98	78,35
Площі ТБО	0,059	0,03	0,04
Міські населені пункти	2,85	1,64	2,17
Сільські населені пункти	1,37	0,79	1,04

Розрахунок комплексних геоекологічних показників. Відповідно до класифікації земель за ступенем антропогенного навантаження (АН) розраховані коефіцієнти антропогенного трансформування території (табл. 4), що характеризують еколого-господарський баланс (ЕГБ) території Татарбунарського району.

Розрахунок коефіцієнтів еколого-господарського балансу
для Татарбунарського району

Геоекологічні коефіцієнти ЕГБ	Територія району	
	з водними об'єктами включно	суша (без водних об'єктів)
Коефіцієнт абсолютної напруженості (Ка)	0,30	1,35
Коефіцієнт відносної напруженості (Кв)	1,77	5,59
Площа угідь з ресурсно-стабілізуючими функціями (Рсф, тис. га)	68,66	29,66
Коефіцієнт природної захищеності (Кез)	0,39	0,23

Розрахунок коефіцієнтів еколого-господарського балансу території Татарбунарського району також продемонстрував відсутність збалансованості ландшафтно-господарських комплексів та низької середовище-захисної функції екологічної структури територіальних комплексів.

Високі значення коефіцієнта відносної напруженості Кв (більше одиниці), свідчать про еколого-господарську незбалансованість території. За коефіцієнтом абсолютної напруженості Ка можна зробити висновок, що кількість антропогенно-трансформованих земель у відношенні до природоохоронних і невживаних земель значно менша. Коефіцієнт природної захищеності водозбору має низьке значення – менше 0,5, що свідчить про критичний рівень захищеності території.

Заходи з підвищення екологічної стабільності агроландшафтів. На оброблюваних землях рекомендується збільшити захисну лісистість території шляхом доповнення існуючої мережі природоохоронних лісосмуг. Оптимальна довжина між лісозахисними смугами на південних чорноземах повинна бути не більше 400 м, з площею до 60-70 га на плакорі і до 30-40 га на схилі. Доцільно відійти від практики створення полів площею 150-200 га, та більше, на яких

слабо проявляється роль біологічних регулюючих механізмів полезахисних лісосмуг.

Аналіз геоморфологічних особливостей району. Виходячи з аналізу геоморфологічних особливостей Татарбунарського району, які обумовлюють геохімічні потоки, переносу теригенної речовини, ерозію ґрунтів та інші процеси, з використанням цифрових моделей рельєфу SRTM30 були виділені ділянки з ухилом більше 3° , які мають найбільший екологічний ризик екзогенних процесів та впливу антропогенних факторів (рис. 10).

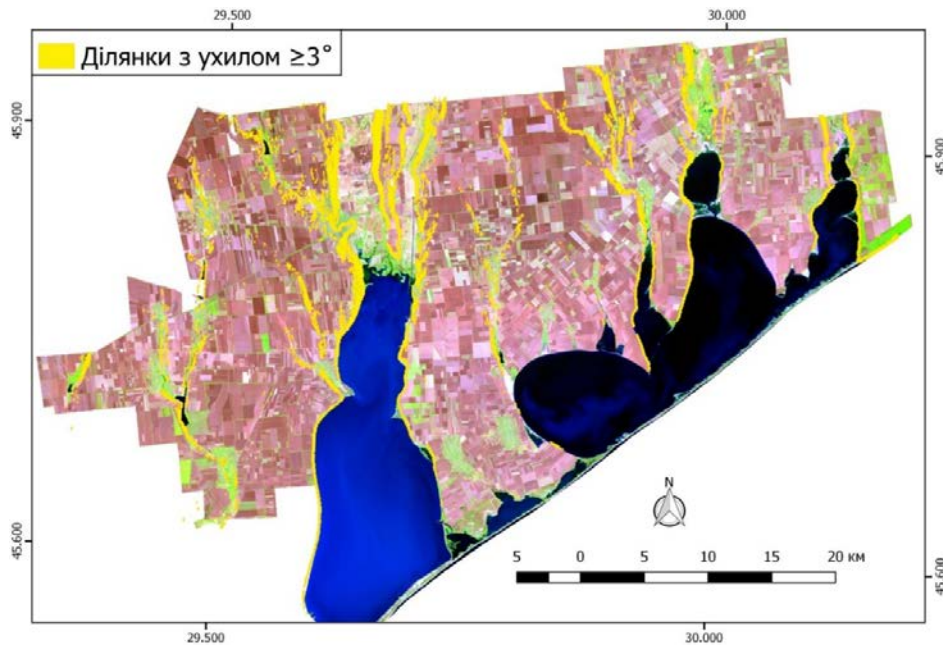


Рис. 10. Розподіл ділянок з ухилом $\geq 3^\circ$ на території Татарбунарського району за даними цифрових моделей рельєфу SRTM30 накладені поверх супутникового знімку Landsat8 отримані 22 вересня 2021 року

Розташування цих ділянок притаманно яружно-балочним структурам, річковим долинам та схилам берегів лиманів. Ці ділянки повинні використовуватися в «натуральному» стані (сіножатні, пасовища, багаторічні насадження, зони рекреації і туризму) з вилученням з них орних земель під рілля. За їх місцезнаходженням майже всі вони входять в склад прибережно-захисних смуг та земель водного фонду згідно з водним кодексом України, на яких досі не розроблена відповідна проектна документація у повному розмірі. Найбільш доцільно з точки зору еколого-господарського балансу території

провести інвентаризацію ландшафтно-господарської структури перш за все на цих ділянках з винесенням їх до кадастрових схем та планів землеустрою, з формуванням тут природоохоронного режиму.

Розподіл населених пунктів та населення. Розподіл населених пунктів та щільності населення на території Татарбунарського району свідчить, що досить велика кількість з них розміщена саме на ділянках річкових долин та в місцях з ухилом більше 3° (рис. 11), що також призводить до інтенсифікації екзогенних процесів та забруднення водних об'єктів. Обтяжливою обставиною є те, що в багатьох з них нема централізованої каналізаційної системи. В цілому територія характеризується відсутністю великих міст та невеликою щільністю населення.

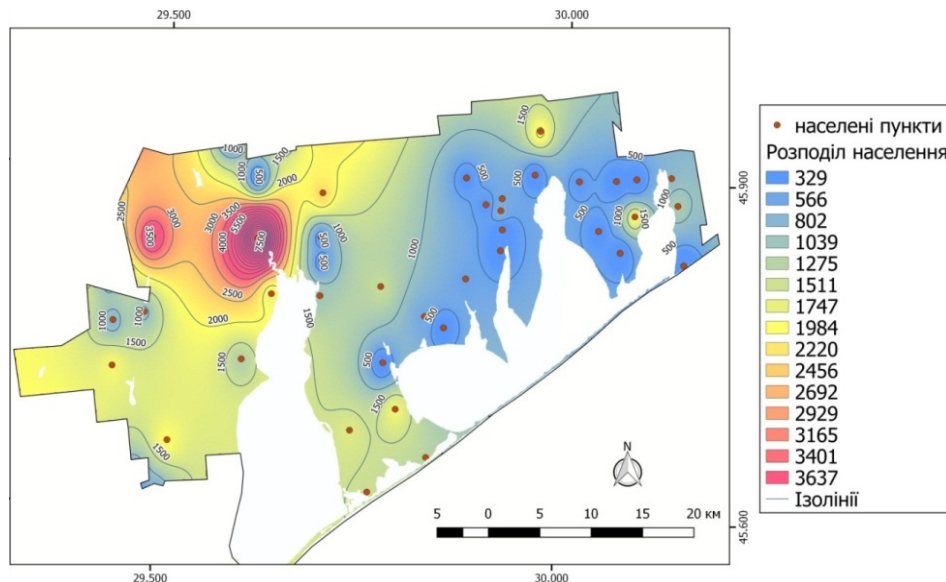


Рис. 11. Розподіл щільності населення на території Татарбунарського району, побудований за даними OpenStreetMaps в програмному пакеті Qgis

Гідрографічне районування. Інший підхід до формування збалансованої структури землекористування, екологічної мережі та сталого розвитку району – це гідрографічне районування. Згідно з вимогами Водної Рамкової Директиви ЄС, які наразі імплементуються у національне законодавство – управління екологічним статус-класом водних об'єктів ґрунтується на басейновому підході з розробкою відповідних менеджмент-планів та формуванням басейнових органів управління. На території району протікають малі річки, розташовані

частини водозбірних басейнів Тузловського комплексу лиманів, л. Сасик тощо (рис. 12).

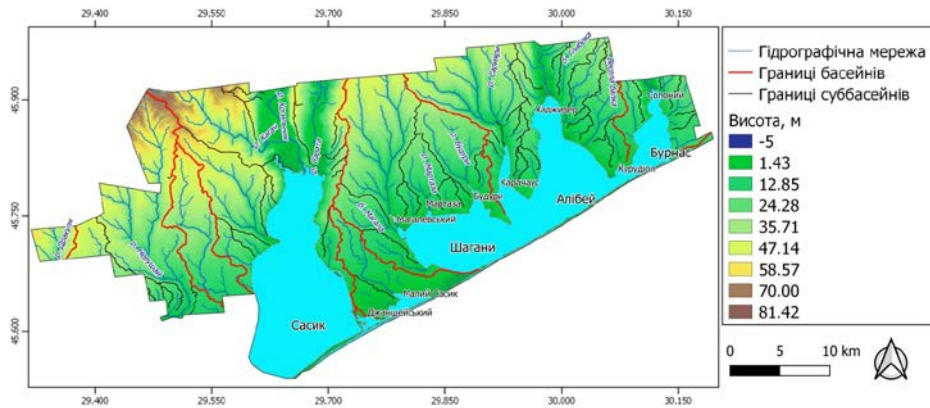


Рис. 12. Гідрографічна мережа Татарбунарського району та її водороздільні межі

Гідрологоморфологічний аналіз водозбірного басейну л. Карачаус. Для подальшого гідролого-морфометричного аналізу та розробки природоохоронних заходів була обрана водозбірна ділянка л. Карачаус (дочірній лиман з розвинутою яружно-балковою системою) Тузловського комплексу, в границях району. Сучасні можливості ГІС аналізу дозволили розрахувати ряд гідролого-морфологічних показників водозбірної площі (рис. 13), які дають змогу визначити місця найбільшого прояву екзогенних та антропогенних процесів (схилів ділянки, напрямок та інтенсивність поверхневого стоку, прояви лінійної та площинної ерозії).

Як свідчить ретельний гідролого-морфологічний аналіз дана ділянка не передбачає повсюдне інтенсивне природокористування, оскільки має розвинуту яружно-балкову систему та розчленованість рельєфу. Зрозуміло, що природокористування в таких умовах повинно бути диференційоване просторово, розплановано за інтенсивністю, природньо та оселищно збалансовано з урахуванням функцій екологічної мережі.

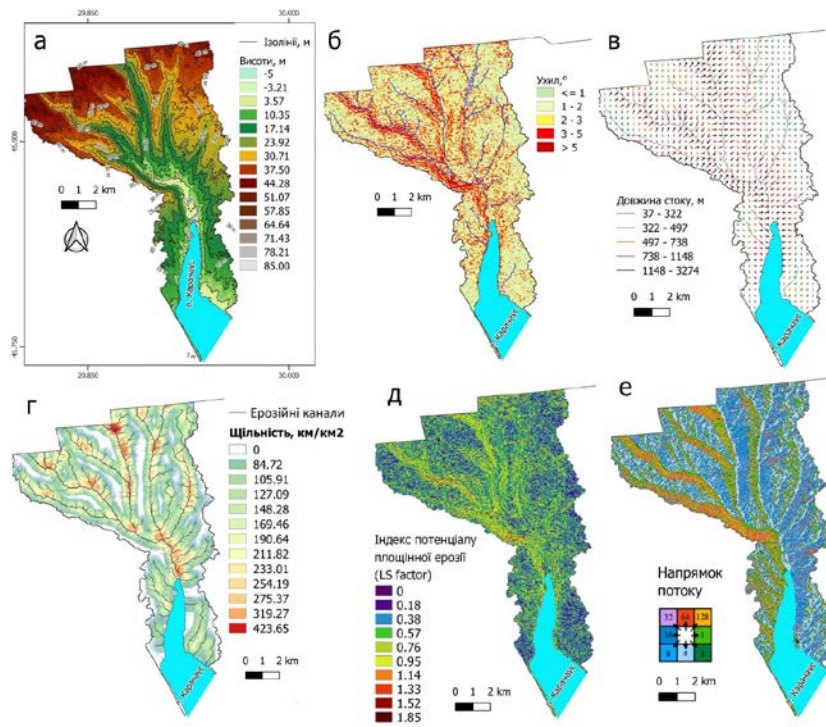


Рис. 13. Гідролого-морфологічні особливості частини водозбірної площі Тузовського лиманного комплексу в границях Татарбунарського району: а - висот місцевості; б - ухилів; в - векторів стоку; г - структури лінійної ерозії, та щільності; д - ризику розвитку площинної ерозії; е - напрямок стоку кожної комірки растру

Рекультиваційні та природоохоронні заходи. Переходячи до запропонованих заходів сталого природокористування з подальшої розробки екологічного менеджмент-плану, слід згадати також про законодавчо обумовлені природоохоронні заходи стосовно земель водного фонду та винесення їх в натуру, перш за все це природозахисні смуги (ПЗС) вздовж водотоків. Принципи їх встановлення, структура та природоохоронний режим визначається згідно з законом прямої дії в цій сфері – Водним Кодексом України (Ст. 88-90), що включає ПЗС вздовж водотоків, ПЗС вздовж морів та лиманів (з виділенням пляжної зони).

Наразі природокористування у вигляді повсюдного розорювання земель, несанкціонованої селищної розбудови на території водозбірного басейну ведеться без урахування рельєфу та яружно-балкової системи, без дотримання агротехнічних норм та відповідного захисту земель, в результаті чого

поширюється як глибинна так і площинна ерозія (рис. 14а), крім того лісозахисні смуги розміщені недостатньо раціонально для виконання захисту від вітрової (дефляції) та водної ерозії ґрунтів, а також пов'язаного з ними зниження екологічного статус-класу водних об'єктів. З урахуванням гідролого-морфологічних умов, стану земель, зарегулювання водотоків та природоохоронних законодавчих норм, пропонується переорієнтувати структуру землекористування, збільшити кількість середовищно-захисних угідь, виділити ділянки з екстенсивною формою землекористування, що безумовно буде корисним для формування екологічної мережі (рис. 14б).

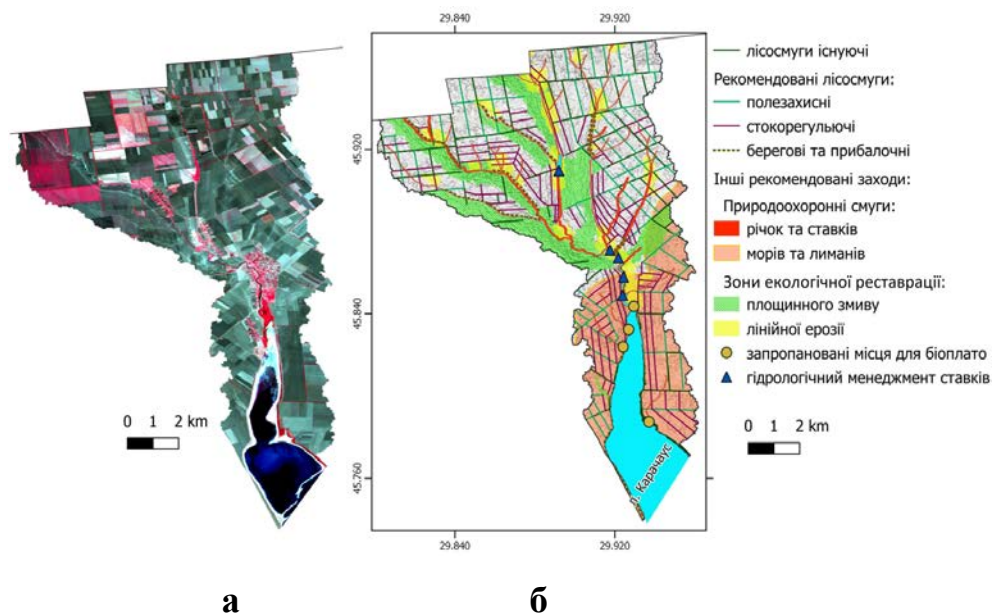


Рис. 14. Існуюча (а) та рекомендована (б) структура землекористування водозбірного басейну л. Карачаус в границях Татарбунарського району: а – повнокольоровий супутниковий знімок Sentinel2 отриманий 20 вересня 2021 року з комбінації каналів NIR-Green-Blue (рослинність має червоний колір); б – схема рекультиваційних та природоохоронних заходів (менеджмент план у першому наближенні)

Перш за все необхідно винесення земель водного фонду в «натуру» нанесення їх на плани землеустрою населених пунктів і в земельні кадастри. Крім того на території ділянки та всього району недотримані належні агротехнічні заходи, зокрема сільськогосподарські угіддя недостатньо оконтурені лісозахисними полосами. Існуюча структура лісосмуг складає

80,9 км, біля третини полів взагалі не мають лісосмуг, відстань між лісосмугами в середньому складає 1 км, відповідна площа окантування – 200 га. Така структура лісосмуг не виконує природоохоронну функцію, тому рекомендується збільшити її у 3 рази. При цьому вона повинна щонайменше включати вітрозахисні (92,1 км), стокорегулюючі (124,7 км), берегові та прибалкові (30,8 км). Додаткові лісосмуги були нанесенні наступним чином: вітрозахисні з урахуванням переважаючих напрямків вітрів з розміром комірки 500 на 1000 м; стокорегулюючі лісосмуги розташовувались на схилових ділянках вздовж горизонталей на відстані 400-300 м, залежно від ухилу; берегові та прибалкові лісосмуги уздовж еродованих балок за 3-5 м від брівок берегів. В якості попередження поширення еродованості земель також рекомендується на частині з них (на схилах яружно-балкових систем) провести залуження, консервування та експлуатаційне переорієнтування (використання в квазіприродному стані – багаторічні насадження, пасовища, сіножаті тощо). Для можливості контролю якості та кольматації організованого стоку ярів та балок, в їх гирлових ділянках повздовж лиману пропонується створити біологічні фільтри – біоплато (штучні екосистеми, основою яких є фільтраційні синузії). Фактично на території басейну знищені малі місцеві річки в результаті розорювання гідрографічної мережі та зарегулювання ставками. Рекомендується або повна ліквідація несанкціонованих ставків, або їх функціонування у випадку належної природоохоронної документації та режимів експлуатації залежно від водності року.

Розміщувати та використовувати орні землі бажано було б на ділянках з плакорним типом місцевості та на підставі принципів адаптивного землеробства, з впровадженням ґрунтозахисних сівозмін і використанням нетрадиційних агротехнічних заходів (мінімізації обробки ґрунту, оптимізації ротації, вдосконаленням систем поливу та ін.).

Висновки

В результаті ГІС аналізу термальних каналів супутникових знімків Landsat8 було виявлено значну амплітуду коливань температури територіальних комплексів Татарбунарського району. Прогрів розораного ґрунту в літній період більше на 10 °С, ніж під рослинним покривом, що безумовно впливає на гідрологічні, геохімічні та біологічні процеси району при сучасному рівні сільськогосподарського освоєння угідь у вигляді ріллі.

Розподіл динаміки рослинного покриття за рахунок NDVI на території району виявив значну зміну показника за сезонами та, навіть, на протязі одного місяця. Території з максимальними значеннями індексу, які відповідають густому рослинному покриву, на момент 24.05.2021 р. займали площу 341,66 км², у кінці літа – 26.08.2021 р., відповідно - 55,45 км², а ще через місяць площа рослинного покриття в цьому діапазоні індексу зменшилась до значення 13,64 км², тобто більш ніж у 25 раз в порівнянні з травнем, в першу чергу це пов'язано зі збором врожаю та формою обробітку ґрунту у вигляді ріллі.

Характерною особливістю ріллі в порівнянні з іншими природно-територіальними комплексами (ландшафтами) є наявність суттєвої сезонної динаміки кількості і щільності рослинної біомаси, відповідно за значеннями індексу, особливо в період з травня до жовтня. При цьому, відповідні значення рослинної біомаси інших типів угідь за той же період змінюються не так суттєво.

Аналіз структури землекористування на території Татарбунарського району показав, що в цілому на його території міститься велика площа об'єктів природно-заповідного фонду, головним чином за рахунок аквальних ділянок Тузловського комплексу лиманів. Відсоток ПЗФ у районі в цілому складає 16,5 % (разом з водними акваторіями), але значну частину територій району займає рілля – 61,44 %, або 81,61 % від площі суші. Нераціональна сільськогосподарська діяльність призвела до деградації гідрографічної мережі малих річок району, формування ерозії ґрунтів, яроутворення, зниження

екологічного статус-класу водних об'єктів, у тому числі природоохоронних акваторій з міжнародним статусом Рамсарських угідь.

Результати розрахунку комплексних геоекологічних показників також продемонстрували екологічну незбалансованість структури угідь. Високі значення коефіцієнта відносної напруженості K_v (більше одиниці), свідчать про еколого-господарську незбалансованість території. За коефіцієнтом абсолютної напруженості K_a можна зробити висновок, що кількість антропогенно-трансформованих земель у відношенні до природоохоронних і невживаних земель значно менша. Коефіцієнт природної захищеності водозбору має низьке значення – менше 0,5, що свідчить про критичний рівень захищеності території.

Розподіл населених пунктів та населення на території Татарбунарського району свідчить, що досить велика кількість з них розміщена на ділянках річкових долин, та в місцях з ухилом більше 3° , що також призводить до інтенсифікації екзогенних процесів та забруднення водних об'єктів. Обтяжливою обставиною є відсутність в багатьох з них централізованої каналізаційної системи.

Менеджмент-план л. Карачаус (у першому наближенні), який розроблений на основі гідролого-морфологічного аналізу водозбірної площі та структури землекористування, включає в себе нанесення природно-захисних смуг на плани землеустрою населених пунктів та в земельні кадастри, проведення належних агротехнічних заходів, зокрема збільшення протяжності системи лісосмуг більш ніж у 3 рази з відповідним їх функціональним призначенням. В якості попередження поширення еродованості земель також рекомендується на частині з них (на схилах яружно-балкових систем) провести залуження, консервування та експлуатаційне переорієнтування (використання в квазіприродньому стані – багаторічні насадження, пасовища, сіножаті, тощо). Для можливості контролю якості та кольматації організованого стоку, в гирлових ділянках повздовж лиману пропонується створити біологічні фільтри – біоплато. Рекомендується або повна ліквідація несанкціонованих ставків, або

їх функціонування у випадку належної природоохоронної документації та режимів експлуатації залежно від водності року. Розміщення та використання орних земель пропонується на підставі принципів адаптивного землеробства.

Результатом ГІС оцінки є геоінформаційні бази даних у вигляді растрових та векторних шарів, які можуть бути використані органами виконавчої влади та іншими стейкхолдерами для подальшої розробки стратегії сталого розвитку Татарбунарського району.

Список літератури

- Dalezios, N. F. (2002). *Environmental Remote Sensing*. University of Thessaly: Volos [in Greek].
- Moore, L. D., & Burch, G. J. (1995). Physical Basis of the Length-slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, 1294-1298.
- Open Street Map Wiki contributors. (2021). *Електронний ресурс: Map Features*. Retrieved from http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features.
- Stoiko, N., & Parsova, V. (2017). Environmental dimensions of rural development in land use planning circumstances in Ukraine. *Engineering for rural development*, 16. 964-969. doi.org/10.22616/erdev2017.16.n197.
- USGS Global Visualization Viewer. (11.06.2021). *Електронний ресурс: USGS Global Visualization Viewer*. Retrieved from <http://glovis.usgs.gov/>.
- Using the USGS Landsat 8 Product. (27.08.2021). *Електронний ресурс: Landsat Missions*. Retrieved from http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php.
- Wilson, E. H., & Sader, S. A. (2002). Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, 80 (3), 385-396. doi: 10.1016/S0034-4257(01)00318-2
- Гладун, Г. Б. (2014). Адаптивно-ландшафтні принципи застосування полезахисного лісорозведення в Одеській області. *Агрохімія і ґрунтознавство*, 81, 59-65.

- Зайцев, Ю. П., & Александров, Б. Г. (Ред.) (2006). *Северо-западная часть Чёрного моря: биология и экология*. Київ: Наукова Думка.
- Попова, О. Л. (2012). Екодiагностика природо-господарської організації території України: агроландшафтний аспект. *Економіка і прогнозування*, 3, 92-101.
- Рубель, О. Е. (2009). *Еконология ветландов*. Кишинев : Есо-TIRAS.
- Соколов, Е. В. (2015). Типизация лиманов северо-западного Причерноморья на основе гидролого-морфометрических характеристик. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: біологія*, 1(62), 49-56.
- Царик, Л. П. (2009). Геоекологічні підходи до оцінки ступеня збалансованості природокористування. *Вісник Львівського університету. Серія: географія*, 3, 43-48.