НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет захисту рослин біотехнологій та екології

ПОГОДЖЕНО	**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**
Декан факультету/Директор ННІ	**Завідувач кафедри екології агросфери та екологічного контролю**
_____Юлія КОЛОМІЄЦЬ	**_____Олена НАУМОВСЬКА**
(підпис)	(підпис)
«____» _____20__р.	«____»_____20__р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (ПРОЄКТ)

на тему: «Оцінка ступеня антропогенної трансформації ландшафтів внаслідок видобування бурштину у Рівненській області»

Спеціальність « 101 Екологія »

Освітньо – професійна програма « Екологія »

Гарант освітньої програми
професор, доктор педагогічних наук _____ **Володимир БОГОЛЮБОВ**
(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи
доцент, кандидат с.-г. наук _____ **Євгеній БЕРЕЖНЯК**
(підпис)

Виконала _____ **Дарина ПАЛІЙ**
(підпис)

Київ - 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет захисту рослин біотехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
екології агросфери та екологічного контролю
доцент, канд. с-г наук_____Олена НАУМОВСЬКА
«____»_____20__р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ)
ЗДОБУВАЧУ

Палій Дарині Вікторівні

Спеціальність « 101 Екологія »
Освітньо – професійна програма « Екологія »
Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи
«Оцінка ступеня антропогенної трансформації ландшафтів внаслідок видобування бурштину у Рівненській області»

Затверджена наказом від «_27_» жовтня_2025__року №2537 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру «_01_»_червня_2026__р.
Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

оформлення роботи відповідно до діючого «Положення про виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи», а роботу оформити у вигляді таблиць, графіків, фотографій.
Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Обґрунтувати регіональну екологічну проблему, пов’язану із видобуванням бурштину на території Рівненської області.
2. Оцінити ступінь антропогенного впливу на ландшафти, спричинений діяльністю з пошуку та видобування бурштину, аналізуючи трансформацію ландшафтів смт Клесів.
3. Визначити ключові екологічні проблеми, пов’язані з незаконним видобуванням бурштину, а також надати оцінку їхньому руйнівному впливу на природні екосистеми регіону.

Перелік графічних документів (за необхідності):

Дата видачі завдання «_15_» червня_2026 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ **Євгеній БЕРЕЖНЯК**
(підпис)

Завдання взяв до виконання _____ **Дарина ПАЛІЙ**
(підпис)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГІС – геоінформаційні системи.

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі.

BSI (*Bare Soil Index*) – індекс відкритого ґрунту.

Landsat – серія американських супутників дистанційного зондування Землі.

Sentinel – серія європейських супутників космічної програми Copernicus.

NDVI (Normalized Difference Water Index) – нормалізований відносний вегетаційний індекс.

NDWI (Normalized Difference Water Index) – нормалізований відносний водний індекс.

БПЛА – безпілотний літальний апарат.

СМТ – селище міського типу.

Бедленд (з англ. *Badlands*) – «безплідні землі», тип хаотичного рельєфу, який абсолютно не є придатним для ведення сільського господарства.

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота виконана на 56 сторінках друкованого на комп'ютері тексту і містить 3 розділи, 8 рисунків, 3 таблиці, 2 додатки. Перелік використаних джерел і інтернет ресурсів становить 47 посилань.

Тема роботи: «Оцінка ступеня антропогенного навантаження трансформації ландшафтів внаслідок видобування бурштину у Рівненській області».

Мета роботи полягала у проведенні аналізу сучасного стану порушених ландшафтів внаслідок інтенсивного видобування бурштину в останні роки на прикладі смт Клесів Рівненської області та дослідженні тих змін, які відбулися за останні десятиліття. Серед головних завдань досліджень - оцінити антропогенну трансформацію ландшафтів, визначити основні екологічні наслідки для довкілля від незаконного видобутку бурштину.

Об'єктом дослідження є процес антропогенної трансформації природних комплексів, що зумовлені інтенсивним та неконтрольованим видобутком бурштину – сирцю. **Предметом дослідження** є антропогенно змінені ландшафти.

Встановлено, що внаслідок незаконного видобутку бурштину на території Клесівського лісництва значні площі земель трансформувалися у техногенно порушені ділянки («місячні ландшафти»), що супроводжується руйнуванням ґрунтового покриву, зміною гідрологічного режиму та деградацією лісових екосистем. Подібна ситуація провокує втрату природної здатності ландшафтів до самовідновлення та зумовлює необхідність проведення комплексної рекультивації й постійного екологічного моніторингу території.

Перелік ключових слів: БУРШТИН, ВИДОБУТОК, ТРАНСФОРМАЦІЯ, ДЕГРАДАЦІЯ, АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ, ЕРОЗІЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 4

ЗМІСТ 6

ВСТУП 7

РОЗДІЛ 1. ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЦІЛІСНОСТІ ЛАНДШАФТІВ ЧЕРЕЗ МАСОВЕ ВИДОБУВАННЯ БУРШТИНУ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД) .9

1.1. Особливості поширення «місячних ландшафтів» в Україні 9

1.2. Огляд екологічних проблем самової антропогенної трансформації ландшафтів 12

1.3. Використання методів дистанційного зондування для аналізу ландшафтів із незаконним видобутком бурштину 17

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 23

2.1. Загальна характеристика регіонів Рівненщини, які зазнали антропогенних втручань, пов'язаних із видобутком бурштину 23

2.2. Об'єкт, предмет, мета та завдання проведення досліджень 32

2.3. Методичні підходи до виконання завдань 33

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЛАНДШАФТІВ ВНАСЛІДОК ВИДОБУВАННЯ БУРШТИНУ В РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛАСТІ (НА ПРИКЛАДІ СМТ КЛЕСІВ) 35

3.1. Ретроспективний аналіз космічних знімків осередків масової трансформації ландшафтів Рівненської області 35

3.2. Характерні порушення ландшафтів під лісовими насадженнями на прикладі смт Клесів 38

3.3. Геоморфологічні видозміни лісових територій і їх наслідки для лісових ценозів 42

3.4. Можливі шляхи ренатуралізації «місячних ландшафтів» 44

ВИСНОВКИ 47

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 49

ВСТУП

На сьогоднішньому етапі розвитку екологічної науки одним із ключових завдань залишається проблема зміни природних ландшафтів через активний видобуток корисних копалин. Для України особливо гостро постало питання деградації природних комплексів Полісся, спричиненої масштабним, а переважно незаконним видобутком бурштину–сирцю. Подібне антропогенне втручання призвело до значних структурних порушень екосистем на великих територіях, що потребує всебічного наукового аналізу, оцінки завданих збитків і розробки ефективних способів відновлення пошкоджених земель [6].

Рівненська область, особливо територія поблизу селища Клесів, є яскравим прикладом руйнівних процесів, спричинених людською діяльністю. Унікальні геологічні умови цього регіону, зокрема залягання бурштиноносних шарів у пухких піщаних відкладах, створили сприятливі умови для поширення гідромеханічного способу видобутку бурштину. Цей метод, що передбачає застосування потужних водяних помп для розмиву породи, призвів до появи специфічних техногенних ландшафтів, які у наукових працях отримали назву «місячні ландшафти» [15]. Такі ділянки характеризуються майже цілковитим знищення природної структури території, деградацією родючих шарів ґрунту та порушенням природного балансу між усіма компонентами екосистеми.

Наукове значення проведеного дослідження зумовлене системним характером деградації ландшафтів, що супроводжується втратою родючого шару ґрунту, посиленням ерозійних процесів і зниженням природно-ресурсного потенціалу Полісся. Повільне природне відновлення піщаних відвалів, позбавлених поживних речовин, спричиняє тривалу екологічну дестабілізацію територій [1, 30].

Трансформація земних ядер, окрім руйнівного впливу на поверхню, неминуче провокує значні зміни у водному балансі місцевості. Зокрема, техногенне втручання у водотривкі шари призводить до стабільного зниження рівня ґрунтових вод, що спричиняє осушення поліських боліт – важливих

природних механізмів регуляції вологості. Як наслідок, відбувається масове ослаблення і всихання лісових насаджень, стає поширеним явище «п'яного лісу», коли дерева через втрату опори в розмитих ґрунтах хаотично падають [19, 23].

Оцінка ступеня трансформації таких ландшафтів значно ускладнюється через їхні великі площі та часто обмежений доступ до місць видобутку. Це висуває на передній план важливість застосування методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та сучасних геоінформаційних технологій. Використання супутникового моніторингу забезпечує можливість отримання об'єктивних і своєчасних даних про межі пошкоджених територій, проведення ретроспективного аналізу змін у їхньому поширенні та виявлення найкритичніших зон. Застосування космічних знімків і методів ДЗЗ тримати точну та детальну інформацію про рівень поширення техногенно змінених територій, динаміку деградаційних процесів і ступінь змін природних ландшафтів. Це формує надійну наукову основу для створення ефективних стратегій рекультивації та подальшого екологічного відновлення пошкоджених земель [33, 44, 45].

Соціально – економічний вимір проблеми значно посилює актуальність обраної теми, адже деградація земель у районі Клесова фактично виводить їх із господарського та лісового обігу. Це створює серйозну загрозу сталому розвитку громад Рівненської області. Брак цілісного наукового моніторингу та стратегічних підходів до поступового відновлення цих ландшафтів спричиняє подальшу фрагментацію природного середовища на окремі ізольовані ділянки [10, 12].

Дослідження процесів трансформації ландшафтів у Клесівському районі є важливим завданням і може стати основою для напрацювання ефективних стратегій, які сприятимуть відновленню екологічної цілісності регіону та дозволять безпечно інтегрувати ці землі в господарський обіг [4, 18, 42].

РОЗДІЛ 1. ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЦІЛІСНОСТІ ЛАНДШАФТІВ ЧЕРЕЗ МАСОВЕ ВИДОБУВАННЯ БУРШТИНУ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)

1.1. Особливості поширення «місячних ландшафтів» в Україні

Утворення та званих «місячних ландшафтів» на Поліссі стало наслідком масштабного та руйнівного впливу людської діяльності на фундаментальні основи природного середовища – його літогенну основу. Результати геоекологічних досліджень свідчать про суттєве перетворення природних ландшафтів цього регіону внаслідок гідромеханічного видобутку бурштину [3]. Спочатку термін використовували як метафоричний опис понівеченої землі, однак нині це стало повноцінною науковою категорією, що характеризує стан глибокої деградації. Коли природа втрачає не лише свою структуру й звичайний вигляд, але, що найважливіше, здатність до самовідновлення. Основним чинником цих катастрофічних змін є неконтрольований видобуток бурштину, який активно здійснюється в Рівненській області, зокрема в районі селища Клесів – головного центру цієї діяльності. Унікальне поєднання природних умов із людським втручанням призвело до того, що величезні території лісів і сільськогосподарських угідь були перетворені на піщані пустелі, непридатні для існування будь – яких форм життя [19].

Основною причиною критичної екологічної ситуації в Клесові є унікальні особливості геологічної структури місцевості. Тут бурштин залягає в надзвичайно пухких пісках і супісках, які практично не мають внутрішнього зчеплення та легко піддаються розмиванню водою. Така характеристика ґрунтів дозволила широко застосовувати найбільш руйнівний метод видобутку – гідророзмив за допомогою потужних мотопомп. Вода, подана під високим тиском, пробиває землю на глибину до 10 -12 метрів, руйнуючи ґрунтові шари, утворені природою протягом тисячоліть. Родючі ґрунти перемішуються з піском і вимиваються, залишаючи після себе безплідну породу без жодного

біологічного потенціалу. Внаслідок такого втручання земля втрачає свою родючість і перетворюється на мертву субстанцію, де більше немає корисних мікроорганізмів чи поживних речовин. Зовні ці території стають схожими на хаотично розриті поля чи купи розкиданого піску, у центрі яких глибокі ями – так звані «копанки». Через близьке розташування ґрунтових вод вони швидко заповнюються водою, утворюючи численні мутні стави – болота. Ця застійна вода з часом зацвітає, сприяючи утворенню осередків серйозного екологічного неблагополуччя. Навколо «копанок» з'являються високі відвали вимитого піску – техногенні горби, абсолютно позбавленні будь – якого рослинного покриву. Цей пісок легко переноситься вітром і змивається дощами, засипаючи прилеглі ліси та ділянки. У таких умовах природне відновлення лісової екосистеми стає майже неможливим – на сухому піску насіння лишається без необхідної вологи та опори для проростання [17, 21]. Зони незаконного видобутку бурштину концентруються в лісових масивах і поступово спричиняють розширення території екологічної деградації. Реалії цього процесу підкреслюються масштабну загрозу для природного ландшафту Полісся та його біологічної цілісності [16].

У районі Клесова процес деградації природи розвивається поступово, але невпинно. Спочатку утворюється невеликі «плями» зіпсованої землі – здебільшого на галявинах або вздовж лісових доріг. Згодом ці ділянки об'єднуються, перетворюючись на великі непридатні для життя пустирі. Методи видобутку передбачають постійний рух важкої техніки, яка ущільнює ґрунт і знищує лісову підстилку навіть у місцях, де ще не було викопано ям. Одним із найбільш вражаючих і трагічних наслідків цих процесів є так званий «п'яний ліс». Під час промивання ґрунту вода під великим тиском проникає під коріння дерев, чим розмиває їхню основу. У результаті дерева втрачають опору, починаючи хаотично нахилятися в різні боки або масово падати, що є очевидним свідченням втрати цілісності лісової екосистеми. Окрім цього, одну й ту саму ділянку часто перепрацьовують кілька разів у пошуках дрібних залишків бурштину, що залишаються у попередніх відвалах. З кожною такою спробою

земля зазнає дедалі більшої шкоди, а навіть найслабші сторони природи відновитися вщент невілеюється [6, 44]. Незаконний видобуток бурштину завдає масштабних еколого – економічних збитків, спричиняючи руйнацію земельних ресурсів і незворотні зміни в екосистемі регіону [13].

Окремої уваги заслуговує вплив на водний баланс усього регіону. Масове створення копанок навколо Клесова діє як своєрідне «гідрологічне сито»: вода, яка за природних умов живила б місцеві річки та унікальні поліські болота, накопичується в техногенних кратерах або просто випаровується з оголених піщаних поверхонь. Це спричиняє поступове й стійке зниження рівня підземних вод. Зважаючи на сучасні кліматичні зміни, які вже й так сприяють висиханню Полісся, подібна ситуація пришвидшує перетворення зволожених ландшафтів у сухі піщані території. Додатково оголені глибинні шари піску змінюють хімічний склад поверхневих водою. Разом із бурштином на поверхню потрапляють різноманітні сполуки, що раніше залишалися глибоко під землею. У результаті видобуток бурштину в окремих локалізаціях впливає не лише на водний режим, але й на мікроклімат значних навколишніх територій, створюючи серйозну загрозу для екомережі Рівненської області [23]. Ситуацію ускладнює недосконале правове регулювання у сфері використання надр, яке дозволяє зберігати тіньовий характер видобутку бурштину [35].

Окрім значних екологічних втрат, процес поширення антропогенно змінених ландшафтів становить вагому загрозу для перспективного використання таких земель. Масове знищення лісів і деградація ґрунту, що перетворює його на суміш піску та каміння, фактично виключає ці території з будь-яких господарських чи природних циклів. Навіть через десятиліття після завершення видобувної діяльності та і площі часто залишаються позбавленими рослинності або вкриваються лише рідкими ділянками бур’янів. Застосування традиційних методів лісовідновлення, зокрема висадження молодих сосон, виявляється неефективним через відсутність необхідного поживного середовища для розвитку дерев. Таким чином, Клесівський район перетворюється на осередок тривалої екологічної деструкції, відновлення якого

потребує впровадження спеціалізованих наукових підходів і значних зусиль у межах рекультиваційних заходів [4, 20, 43]. Додаткову проблему становить відсутність дієвих механізмів легалізації видобутку бурштину, що значно ускладнює як контроль за відповідними процесами, так і реалізацію програм відновлення порушених екосистем [26].

Сучасні дані, отримані зі супутників Landsat та Sentinel, свідчать про формування стійкого та надзвичайно агресивного осередку деградованих земель навколо Клесова. Навіть після припинення активних робіт ці «земельні шрами» не відновлюються природним шляхом протягом десятиліть. Космічні знімки демонструють поступове збільшення піщаних арен через ерозію, що невпинно поглинають нові ділянки ще неушкодженого лісу. Це вказує на те, що формування таких «місячних ландшафтів» не є лише тимчасовим порушенням поверхні. Ми стикаємось з радикальними змінами екосистеми регіону. Без участі наукової спільноти та створення ефективних планів відновлення ці території ризикують залишатися вічним нагадуванням про безвідповідальне використання природних ресурсів [42, 45].

1.2. Огляд екологічних проблем антропогенної трансформації ландшафтів

Систематичне руйнування ландшафтів внаслідок масового видобутку бурштину спричиняє багаторівневі екологічні проблеми, що глибоко впливають на всі складові природного середовища: ґрунт, водні ресурси, рослинний покрив і лісові екосистеми. На прикладі території селища Клесів чітко простежується закономірність, за якою первинне механічне порушення поверхні з часом трансформується у масштабну деградацію екосистеми Полісся в цілому. Внаслідок цього природа втрачає здатність функціонувати як цілісний і збалансований організм. Стійке порушення екосистемних функцій, таких як самоочищення, поновлення біомаси і регуляція водного режиму, призводить до катастрофічних екологічних наслідків [18, 22, 34].

Однією з ключових і незворотних проблем є деградація ґрунтового покриву. У процесі гідророзмиву відбувається явище, яке дослідники визначають як інверсію: природні горизонти ґрунту, що формувалися протягом тисячоліть після льодовикового періоду, хаотично переміщуються і змінюють розташування. Родючий гумусовий шар під потужним впливом води змішується з безплідним кварцовим піском, розташованим на значній глибині. У результаті цього формується так званий «рекультизем» - штучний субстрат з порожньою внутрішньою структурою, позбавлений корисних мікроорганізмів та поживних речовин. Такий ґрунт характеризується високою кислотністю та не здатен утримувати вологу, що унеможливлює природний процес відновлення лісових екосистем на постраждалих ділянках [1, 20, 32].

Окрім руйнування ґрунту, масова поява відкритих піщаних ділянок навколо Клесова суттєво змінює місцевий мікроклімат. Ліс, що функціонував як природний кондиціонер, раніше затримував вологу та згладжував температурні перепади. Тепер же густі насадження замінили гігантські «теплові плями». Влітку оголений пісок інтенсивно нагрівається під променями палючого сонця, через що утворюються висхідні потоки гарячого повітря. Вони додатково висушують залишки рослинності, що спричиняє деградацію навіть тих частин лісу, які збереглися. У результаті характерна для Полісся вологість поступово змінюється на сухий степовий клімат, абсолютно не властивий цій місцевості [19, 22, 41].

Ще однією загрозою, про яку мало говорять, є підвищена запиленість повітря. На цих «місячних ландшафтах» відсутній рослинний покрив, який би утримував ґрунт. Найменший порив вітру здіймає в повітря величезні об’єми дрібного піску і пилу, що в районі Клемова часто переростає у справжні локальні піщані бурі. Такий пил не лише створює проблеми з диханням для місцевого населення, але й осідає на листі дерев у довколишніх лісах, забиваючи продихи – отвори, через які дерево «дихає» і здійснює фотосинтез. У підсумку це призводить до пришвидшеної загибелі рослин навіть у тих зонах, де видобуток піску безпосередньо не проводиться [21, 44].

Наступний значний вплив розробки бурштинових родовищ припадає на водні ресурси, як підземні, так і поверхневі. Інтенсивне використання мотопомп, яке супроводжується величезним споживанням води, призводить до масового відбору води з прилеглих річок, каналів та свердловин. Це, своєю чергою, викликає явище деградації земель через стрімке падіння рівня підземних вод. Внаслідок цього пересихають колодязі у місцевих мешканців, зокрема в районі Клесова, а меліоративні канали втрачають необхідну вологість. На противагу, залишені кар'єрні порожнини трансформуються у шкідливі водойми, виконуючи функцію накопичувачів забруднень. Через проникнення пального та мастильних матеріалів із помп, ці токсичні складники поступово досягають підземних водоносних горизонтів, створюючи загрозу їх забруднення. Така ситуація веде до суттєвого погіршення якості води у регіоні, що безпосередньо впливає на життєдіяльність місцевих мешканців [19, 23, 41].

Не менш важливим є розуміння того, що діяльність із видобутку бурштину зумовлює значні зміни хімічного складу води. Розмивання глибоких ґрунтових шарів спричиняє вивільнення заліза, марганцю та інших раніше законсервованих природою сполук. Потрапляючи у водні об'єкти регіону, такі речовини провокують процеси закислення та насичення металами, які змінюють фізико-хімічні характеристики води. Ці явища стають причиною виникнення ржавих кольорів і неприємного запаху води, яка втрачає свої екологічні властивості й стає непридатною для існування риб та інших водних організмів. Як наслідок, малі річки фактично перетворюються на інфраструктуру для дренажу й розповсюдження хімічного забруднення по всьому регіону, що значно посилює ризики екологічного лиха [31, 41].

Трансформація ландшафту має особливо руйнівний вплив на лісові масиви Клесівського лісового господарства, де екосистемі завдано як прямої так і прихованої шкоди. Пряма шкода проявляється у видаленні дерев шляхом вирубування або змивання водою, щоб забезпечити місце для розміщення помп. Однак саме прихована шкода є найбільш небезпечною. Зниження рівня води спричиняє «спрагу» у соснових дерев, що призводить до їхнього ослаблення.

Такі дерева стають легкою жертвою шкідників, як-от короїди, і хвороб. Водночас розмивання ґрунту позбавляє коріння опори, наслідком чого є нахил або падіння дерев, утворюючи явище, відоме як «п’яний ліс». У цих умовах ліс втрачає свої екологічні функції, перестає очищувати повітря та регулювати температуру регіону [15, 20, 22].

Масова деградація земель завдає удару по біорізноманіттю регіону, спричиняючи зникненню унікальних видів рослин, включаючи ті, що занесені до Червоної книги. Полісся, яке колись було знане своїм багатством дикорослих орхідей, рідкісних мохів і ягід, зараз стикається з їхнім стрімким зникненням на змитих пісках Клесівщини. Замість знищених природних видів територію окупують агресивні бур’яни, що не мають жодної вартості для екосистеми. Це спричиняє деградацію генетичного розмаїття: багато шаровий живий ліс поступається місцем одноманітним пустирям, де виживають лише невибагливі й малокорисні види [25, 43].

До того ж змінюється рельєф регіону, підсилюється процес ерозії ґрунтів. Відкриті піщані ділянки створюють умови для утворення «піщаних коридорів», які сприяють сильним вітрам. У місцях, де раніше ліси захищали землю від вітру, тепер вітер розносить пісок на сусідні поля й городи, знижуючи їх родючість. Забруднені води, утворені від розмиття порід, проникають у малі річки і викликають їх замулення. Як результат, водойми стають дрібними і забрудненими, втрачають здатність до самоочищення, що спричиняє масову загибель риби та інших мешканців водного середовища [19, 31, 47].

Проблема понівечених ландшафтів є однією з найгостріших екологічних загроз, адже вони втрачають свою здатність до природного відновлення. У нормальних умовах природа самостійно відтворює свій первісний стан: після пожежі чи вирубки лісу з’являється трава, потім кущі й молоді дерева, поступово формуючи нові екосистеми. Але на ділянках, де ґрунт був пошкоджений через використання мотопомп, цей природний механізм руйнується. Земля, перетворена на стерильний кварцовий пісковик без потрібних мікроорганізмів, стає неспроможною до самовідновлення. Території довкола Клесова назавжди

консервуються ц стані екологічної мертвої зони, і навіть через століття не повернутися до колишньої родючості без значних фінансових інвестицій у їх реконструкцію [22, 32, 47].

У результаті таких змін живий світ стикається із розривом природних екологічних зв'язків. «Місячні пейзажі», що утворилися навколо Клесова, стають непрохідними бар'єрами для міграції тварин, характерних для Полісся. Природні маршрути руху фауни блокуються цими пустками, і на місці рідної флори все активніше поширюються бур'янисті й інвазійні рослини. Це спотворює видовий склад регіону, перетворюючи багатий лісовий ареал на збіднену пустку, втративши його біорізноманіття [7, 25, 44].

Окрему небезпеку становлять численні ями й вирви, які залишаються після видобутку корисних копалин. Глибокі ями з вертикальними стінкам перетворюються на смертельні пастки для дикої фауни: косуль, кабанів, лисиць та інших тварин. Особливо часто страждає молодняк, який падає у ці заглиблення і не може вибратися через крутий схил. У результаті тварини гинуть від виснаження чи переохолодження, опинившись в каламутній воді на дні ям. Як наслідок, ці водойми стають осередком розмноження комарів та збільшується ризик поширення інфекційних хвороб серед диких тварин та домашньої худоби в найближчих населених пунктах [6, 17].

Масштабна деградація земель породжує також складні юридичні та економічні наслідки. Занедбані території Клесова все ще формально класифікують як лісовий або земельний фонд, хоча вони втратили своє первісне призначення і не мають жодної практичної користі. Це спричиняє втрату ресурсів для держави та обмежує можливості місцевих громад щодо розвитку їхнього господарства. Через значну вартість рекультивації кожного гектару землі такі території залишаються в стані застою – їх відновлення виглядає економічно невигідним. Таким чином, утворюється замкнене коло: видобуток припинився, але земля залишається мертвою, а витрати на її повернення до життя стають непосильною ношею для державного бюджету [12, 18, 39].

1.3. Використання методів дистанційного зондування для аналізу ландшафтів із незаконним видобутком бурштину

За сучасних умов, коли екологічна криза, спричинена незаконним видобутком бурштину, охопила величезні території Полісся, методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) стали основним і найнадійнішим джерелом об’єктивної інформації. Для регіону селища Клесів використання космічних технологій практично єдиний спосіб забезпечити комплексний моніторинг без «білих плям». Традиційні методи польових досліджень тут суттєво обмежені через складність доступу до лісових масивів, значну площу пошкоджених територій і закритість зон незаконного видобутку з огляду на безпекові чи правові перепони. У цьому контексті аерокосмічні технології дозволяють отримати цілісну картину деградації ландшафтів, пропонуючи швидке й точне отримання даних, а також унікальну можливість аналізувати динаміку змін за архівними супутниковими знімками [33, 44, 45].

Наукова база роботи супутників заснована на здатності різних типів поверхні по-різному взаємодіяти із сонячним світлом – відбивати його або поглинати. Кожний об’єкт – від густого соснового лісу до каламутної води у кар’єрах чи піщаних відвалів – має власний «спектральний відбиток». Для моніторингу території Клесова найефективніше застосовувати мультиспректральні системи, такі як європейські супутники Sentinel і американські Landsat. Обладнані високоточними сенсорами, вони фіксують дані не лише в діапазоні видимого світла, але й у інфрачервоному та тепловому спектрах. Зокрема, короткохвильові інфрачервоні канали дають змогу чітко ідентифікувати ділянки, де родючий ґрунт був замінений на інертний піщаний субстрат, що є характерною ознакою появи «місячних ландшафтів» [33, 45].

Простішою мовою це можна пояснити так: супутникова технологія дозволяє бачити те, чого не розрізняє людське око. Наприклад, людина бачить зелений ліс, а сенсори супутника Sentinel-2 фіксують рівень фотосинтетичної активності кожного дерева. Завдяки цьому стає можливим помітити ознаки

захворювання лісу навіть тоді, коли дерева зовнішньо виглядають здоровими, але вже ослаблені через недостатню кількість вологи. Такий ранній моніторинг дає змогу прогнозувати загибель лісових масивів на роки вперед і допомагає в плануванні необхідних заходів з рекультивації й оцінки масштабів завданої природі шкоди [44, 45].

Супутникові знімки самі по собі є лише джерелом даних, але за допомогою геоінформаційних систем (ГІС) вони перетворюються на інтерактивні цифрові карти. Використовуючи програми ГІС, можна поєднувати сучасні супутникові фотографії з історичними картами за десятки років, одночасно переглядати межі заповідних зон, русла річок і транспортну інфраструктуру. У випадку Клесова це дає змогу не лише фіксувати факт наявності вирв чи ям, а й точно визначати масштаби екологічного руйнування. Наприклад, можна підрахувати площу зниклих лісів за рік, відстань поширення спустошених територій до житлових зон і конкретні природні об’єкти, що зазнали найбільшого впливу. Завдяки цьому процес контролю стає максимально прозорим, усуваючи можливість приховання реальних масштабів екологічної катастрофи [33, 44].

Одним із найефективніших інструментів для аналізу космічних знімків є спектральні індекси, які представляють собою математичні алгоритми, здатні, трансформувати колірні характеристики пікселів у цифрові показники, що відображають стан природного середовища. Одним із найпоширеніших методів такого аналізу є нормалізований вегетаційний індекс (NDVI), що дозволяє оперативно ідентифікувати ділянки з повністю знищеною або суттєво пошкодженою рослинністю. Зокрема, супутникові знімки району Клесова демонструють зони видобутку як різкі контрастні області, які нагадують «рани» на фоні здорової рослинності. Крім того, аналіз спектральних індексів дає можливість оцінювати стан деревної рослинності на прилеглих територіях. Супутникове спостереження може виявити прояви фізіологічного стресу сосен, які починають всихати внаслідок зниження рівня ґрунтових вод задовго до того, як зміна кольору хвої стане помітною неозброєним оком. Для детального аналізу

територій, де активний етап видобутку вже завершився, але залишилися сліди антропогенного втручання, застосовуються спеціалізовані індекси відкритого ґрунту, такі як BSI (Bare Soil Index). Ці індекси дозволяють ідентифікувати піщані відклади, що виникли внаслідок діяльності мотопомп. Завдяки високій яскравості піску, піднятого з великих глибин, у певних спектральних діапазонах програмне забезпечення може автоматично розрізняти техногенні пустелі й інші елементи ландшафту, такі як лісові дороги, протипожежні смуги чи природні піщані утворення. Це має ключове значення для виявлення прихованих осередків незаконного видобутку, які копачі зазвичай маскують у важкодоступних місцях посеред густого лісу [42, 45].

Однак для максимально точного вивчення невеликих деталей та місцевості часто виникає необхідність у додатковому інструментарії. У таких випадках на допомогу приходять дрони, здатні здійснювати польоти на низьких висотах та фотографувати з детальністю до кількох сантиметрів. У межах Клесівського лісового господарства (БПЛА) безпілотні літальні апарати дозволяють виявляти такі елементи, які лишаються недоступними для супутникових систем: покинуте обладнання, дрібні сліди техніки або перші ознаки ерозії на стінках кар’єрів. Поєднання супутникових даних, що забезпечують широку панораму регіону, та точніших даних із дронів формує інтегровану систему моніторингу. Такий підхід мінімізує можливість приховування слідів незаконної діяльності та дозволяє ефективно боротися з екологічними викликами [17, 37, 45].

У сучасних умовах проведення суцільних наземних обстежень для моніторингу екологічних порушень вже не є обов’язковим, оскільки цю функцію ефективно виконують методи оперативного дешифрування даних космічної зйомки. Завдяки високій роздільній здатності сучасних супутників, дослідники можуть із високою точністю виявляти характерні контури нелегальних копанок та спектральне відображення оголених піщаних ділянок, що створюють так звані місячні ландшафти. Регулярний аналіз супутникових баз даних дає змогу ідентифікувати нові піщані плями в межах лісових масивів практично в

реальному часі. Для Рівненської області ця технологія має ключове значення, адже оперативний моніторинг забезпечує можливість державним структурам та екологічним організаціям своєчасно реагувати на випадки розмиву ґрунтів на основі об’єктивних даних дистанційного зондування, не чекаючи запланованих перевірок [44, 45].

Особливу складність у моніторингу лісових ділянок у районі Клесова становить локалізований характер видобутку бурштину, коли окремі кар’єри маскуються під густими лісовими кронами, залишаючись непримітними для звичайних оптичних знімків. У таких ситуаціях стають незамінними технології радарного зондування. Завдяки використанню радіохвиль, які легко проходять крізь хмари та рослинний покрив, радари здатні фіксувати навіть незначні зміни мікрорельєфу чи шорсткості поверхні. Поява мережі розрізнених вирв та горбів на місцях раніше рівного лісового підстилку утворює характерне шумове поле на радіолокаційних знімках, що дозволяє виявляти зону порушень навіть у щільно вкритих лісах або в умовах похмурої погоди, коли оптична зйомка є малоефективною [33, 42].

Космічні апарати також можуть відслідковувати зміни температури поверхні землі. На відкритих піщаних територіях, характерних для «місячних ландшафтів» біля Клесова, температура може ставати значно вищою за температуру сусідніх лісових масивів, особливо влітку. Тепловий моніторинг допомагає швидко ідентифікувати такі перегріті ділянки, що дозволяє запобігати виникненню лісових пожеж і подальшому деградуванню природних екосистем. Аналізуючи теплові карти, можна також оцінити вплив деградованих територій на кліматичні умови регіону, що проявляється у поступовому перетворенні прохолодних поліських лісів на випалені техногенні пустелі [5, 22, 40].

Ретроспективний аналіз супутникових даних становить важливий етап досліджень у цій галузі. Порівняння сучасних супутникових знімків Клесова з архівними матеріалами за десятиліття дозволяє будувати хронологічні моделі деградації земель: від окремих випадкових копанок до великих територій, що перетворилися на повністю зруйновані пустирі. Застосування таких методів

робить можливим простеження закономірностей поширення незаконного видобутку бурштину, аналіз розвитку його інфраструктури та прогнозування майбутніх зон ризику за умови відсутності належного контролю і протидії [6, 44, 45].

Сучасні космічні технології відіграють ключову роль не тільки у фіксації наслідків руйнівної діяльності, але й у відстеженні процесів відновлення природи. За допомогою супутників можна оцінити ефективність проведеної рекультивації, відслідковуючи, як приживаються молоді дерева або з’являється перша трава на піщаних ділянках. Зміна кольору ґрунту, що сигналізує про накопичення гумусу, також може бути зафіксована з орбіти. Такий моніторинг дає змогу чітко визначити найбільш дієві методи екологічної реабілітації для регіону Клесова і водночас викрити ресурси, які використовуються неефективно. Таким чином, супутникові дані стають важливим інструментом для планування, управління та аналізу якості робіт з відновлення довкілля [25, 43, 47].

У юридичній практиці дані ДЗЗ все більш впевнено зайняли місце незаперечних доказів у судових справах. Завдяки точності вказаних часів та координат порушень, супутникові знімки практично неможливо підробити чи спростувати. Це надзвичайно актуально для боротьби з незаконним видобутком надр у Рівненській області: технології ДЗЗ дозволяють швидко ідентифікувати порушників, підрахувати екологічні збитки та надати їх як обґрунтовану базу для судових рішень. Науково підтверджені факти замінюють сумнівні свідчення очевидців, сприяючи легалізації галузі та притягненню до відповідальності осіб, які знищують природні ресурси країни [18, 39, 44, 46].

Колосальні обсяги даних для такого аналізу обробляються із застосуванням передових геоінформаційних систем (ГІС) та машинного навчання. Складні алгоритми здатні автоматично класифікувати кожен піксель супутникового знімка, розподіляючи територію за класами: «незайманий ліс», «свіжа вирва», «старий піщаний відвал» або «техногенне водоймище». Завдяки цьому можливо точно оцінити площу знищеної рослинності та кількість переміщених порід. Крім того, дрони значно доповнюють супутниковий

моніторинг, забезпечуючи надвисоку деталізацію окремих ділянок. Така багаторівнева контрольна система гарантує точність і прозорість спостережень за станом довкілля [33, 37, 45].

Дистанційне зондування також відкриває нові перспективи для вивчення впливу видобутку на водну систему Клесівщини. Використовуючи водні індекси, такі як NDWI, можна виявити зміни рівня вологості ґрунту в районах депресійних лійок, висихання боліт або процеси замулення русел малих річок через розмивання породи. Цей метод дозволяє оцінити екологічні збитки, які виходять далеко за межі зони видобування. Лише на основі подібного комплексного аналізу можливо створити реальні плани з рекультивації та поступового відновлення життя на зруйнованих територіях [4, 29, 42, 47].

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна характеристика регіонів Рівненщини, які зазнали антропогенних втручань, пов'язаних із видобутком бурштину

Рівненська область вирізняється своєю унікальністю в географічно-геологічному аспекті, що обумовлено значними промисловими запасами бурштину-сирцю. Зони активного видобутку розташовані переважно в північній частині області, яка є складовою Поліської низовини. Антропогенні впливи, пов'язані з видобутком цієї корисної копалини, мають локалізований характер і переважно охоплюють території Сарненського та Варашського районів. Основні зони трансформації ландшафтів зосереджені в межах так званого «Клесівського вузла» та території Дубровицької і Володимирецької громад [15, 41].

Геологічна структура регіону сформована відкладами палеогенового періоду. Бурштиноносні горизонти залягають на невеликих глибинах – переважно 10-15 метрів, що сприяє активному антропогенному втручанню. Пухкі піщано-глинисті породи роблять територію вразливою до гідромеханічного видобутку. Ландшафти північної Рівненщини представлені моренно-зандровими та алювіальними рівнинами з дерново-підзолистими піщаними ґрунтами та високим рівнем заболоченості, що підсилює екологічні ризики при порушенні ґрунтового покриву [2, 14, 41].

Клесівське родовище бурштину має значне економічне і геологічне значення, слугуючи своєрідною «скарбницею», де поклади каменю розташовані в піщаних шарах, часто дуже нерівномірно. Така структура змушує видобувачів постійно переміщуватися по нових ділянках місцевості у пошуках локальних проявів бурштину, застосовуючи насоси для вилучення копалин. Як наслідок, замість створення масштабних шахт утворюється велика кількість розрізнених вирв, що спричиняють фрагментацію і деградацію лісових масивів регіону, передусім у Сарненському районі. Такий тип просторових порушень лісового покриву є навіть небезпечнішим за традиційні методи кар'єрного видобутку,

оскільки він підриває цілісність екосистеми великих лісових насаджень [15, 20, 41].

Північні райони Рівненщини – це край, де вода та болота формували унікальні екосистеми. Річки Горинь і Случ разом із сотнями малих приток створювали густу водну мережу. Однак наразі ці водойми стали основними джерелами води для мотопомп, що використовуються для видобутку бурштину. Масове викачування води призводить до обміління малих річок, а їхні русла замулюються піском. Наслідком є кардинальні зміни ландшафту: колись живі і родючі поліські болота перетворюються на висохлі пустки чи смердючі застійні калюжі у залишених копанках, що порушує водний баланс північних територій області [19, 23, 41].

Рівненське Полісся завжди славилося своїми сосновими та сосново-дубовими лісами, які слугували основою регіональної економіки. Проте у зонах видобутку бурштину цінність лісів відходить на задній план перед гонитвою за швидкою вигодою. Ліси нещадно вирубують, адже вони заважають техніці. Навіть ті ділянки лісу, які вдалося зберегти, перебувають у депресивному стані. Унаслідок видобувної діяльності пісок засипає мохи та ягідники, які є важливими компонентами поліських екосистем. Там, де раніше росли чорниці та брусниці, сьогодні залишаються лише безплідні піщані відвали, на яких рослинність не з’являється десятиліттями [20, 22, 43].

Природна краса ландшафтів Рівненщини поступається місцем спустошеним і непривітним техногенним пустелям. У районах Клесова та Дубровиці пейзажі набули потворного вигляду: високі купи піску чергуються з глибокими ямами, створюючи небезпечне для пересування середовище. Колись багатий природний мозаїчний ландшафт із чергуванням лісів, боліт і лук деградував до одноманітних, розділеної вирвами пустирів, позбавлених естетики та привабливості [22, 29].

Однак ці регіони – це не лише частина карти, а місце існування тисяч людей. Антропогенне втручання драматично відображається на житті місцевих громад. Зниження рівня води спричиняє висихання колодязів, а зруйновані

важкою технікою лісові дороги ускладнюють сполучення між селами. Неконтрольований видобуток бурштину приніс короткочасний фінансовий зиск ціною довготривалого екологічного розорення та соціальних проблем. Наслідки цього впливу мешканці регіону ще довго відчуватимуть на собі. Таким чином, Рівненщина стала зоною не лише екологічного, а й соціального виклику [12, 18, 39].

Північна частина Рівненщини вирізняється багатством природно-заповідного фонду, серед яких особливе місце займає Рівненський природний заповідник. Проте наявність бурштинових родовищ у безпосередній близькості або навіть на території заповідника (рис. 2.1.) становить серйозну загрозу для рідкісних видів флори та фауни, які залежать від цих екосистем. Шум автомобілів, постійна людська активність та пряме знищення природних оселищ змушують диких тварин переміщатися в більш ізольовані заболочені райони або взагалі залишати цей регіон. Таким чином, антропогенний вплив руйнує не лише окремі лісові масиви, а й підриває цілісність природоохоронної системи, яка створювалася протягом багатьох років [25, 43].

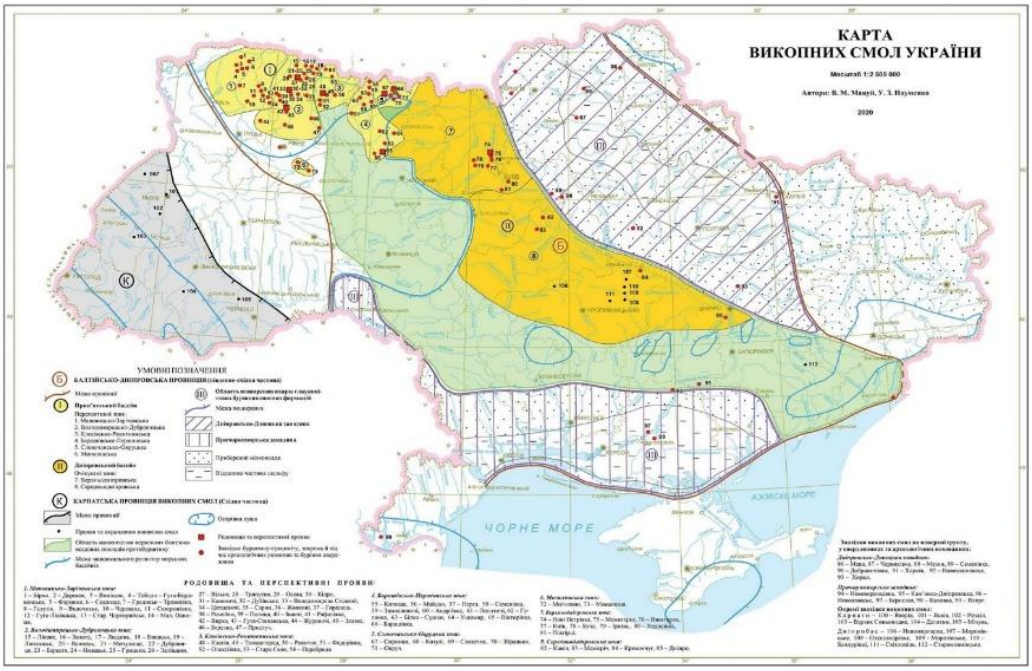

Рис. 2.1. Карта викопних смол України. Схема розташування основних родовищ бурштину в межах Рівненської області.

(джерело: Мінеральні ресурси України, В. Мацуй, У. Науменко)

Трансформація ландшафтів Рівненської області відбувається на тлі глобальної тенденції потепління клімату, що значно підсилює негативний ефект антропогенного впливу. Зокрема, вирубка лісів у районах видобутку корисних копалин та осушення боліт суттєво знижують здатність екосистеми утримувати вологу. Це сприяє процесу аридизації, який позначається на регіональному кліматі й веде до поступового висушування територій. Результатом є перехід Рівненського Полісся, раніше відомого своєю вологістю й прохолодним кліматом, до умов, характерних для лісостепу. Така зміна становить серйозну загрозу для місцевої біоти, оскільки може спричинити незворотні втрати традиційних видів флори і фауни, трансформуючи Полісся в посушливу зону, несприятливу для зростання лісових порід [28, 40, 47].

Центральним об’єктом цього дослідження виступає територія навколо селища міського типу Клесів, розташованого у зоні інтенсивного поширення хвойних і змішаних лісів. Ці лісові екосистеми відіграють ключову роль у забезпеченні екологічної стабільності Полісся. Водночас земельні ресурси навколо Клесова зазнали однієї з найзначніших антропогенних трансформацій у зв’язку з високим рівнем видобутку бурштину. Інтенсивна експлуатація надр призвела до формування на цій території техногенного рельєфу, що складається з глибоких вирв (відомих як «копанки») та відвалів піску. Подібні антропогенні утворення не мають природних аналогів і слугують осередками екологічної дестабілізації, яка негативно впливає і на прилеглі лісові масиви [6, 15, 41].

На адміністративній та географічній основі регіон можна умовно поділити на кілька критичних зон впливу:

- Клесівська зона (Сарненській район): Характеризується найвищим рівнем порушення природних ландшафтів на одиницю площі. Видобуток бурштину тут часто здійснюється в межах державного лісового фонду, що спричиняє масове знищення лісової рослинності та деградацію природоохоронних територій.
- Дубровицько-Володимирецька зона: Ця територія вирізняється розташуванням видобувних робіт у заплавних ландшафтах річок Горинь і Случ.

Подібна діяльність провокує замулення водних шляхів, руйнування захисних прибережних смуг і зміни у гідрологічному режимі великих площ.

Особливо драматичними є наслідки інтенсивного видобутку бурштину у Клесівській зоні, де концентрація цього мінералу настільки висока, що промисловці часто повертаються до одних і тих самих ділянок багаторазово. Повторне використання водяних помп для розмиву ґрунту остаточно виснажує землю, залишаючи після себе лише стерильний пісок, який за своїми фізико-хімічними властивостями ближче до будівельного матеріалу, ніж до продуктивного ґрунту. На таких ділянках практично повністю зникають сліди рослинності: навіть кореневі системи та насіння не витримують багаторазового впливу. Саме тому прилеглі до Клесова території багаті на ділянки, які залишаються неродючими протягом тривалого часу після припинення видобуткових робіт [20, 31, 47].

Технічний процес руйнації в Клесівській зоні виглядає як формування ланцюга глибоких ям, що простягаються вздовж лісових доріг чи трас електропередач. Кожна з таких ям сягає до 10 метрів глибини, і коли їх кількість зростає до сотень, вони починають функціонувати як єдина дренажна система. Вода з прилеглих боліт і лісових масивів стікає в ці копанки, через що коріння сосен у радіусі 50-100 метрів від зони видобутку поступово висихає. У результаті реальна площа пошкодженого лісу навколо Клесова значно перевищує територію піщаних відвалів, які можна побачити на супутникових знімках [15, 19, 42].

У Дубровицько-Володимирецькій зоні основний видобуток здійснюється в низинах та заплавах річок, що створює додаткове екологічне навантаження через швидке поширення забруднень. Піщана суміш (пульпа), потрапляючи до русла річки Горинь, не затримується в одному місці, а розноситься течією на значні відстані. Це провокує вирівнювання рельєфу дна річки – зникають природні глибокі ями, що слугували місяцями зимівлі риби, натомість виникають мілководні ділянки. У літній період ці мілини швидко нагріваються,

що сприяє активному цвітінню води й масовій загибелі цінних видів риби, які потребують холодної та проточності води [23, 41].

Особливість територій в околицях Клесова є утворення так званого «хаотичного мікрорельєфу» (рис. 2.2.). На відміну від офіційних кар'єрів, де борти ретельно вирівнюють, нелегальний видобуток залишає після себе гострі піщані гребені та глибокі провалля. Це робить ці зони практично недосяжними для роботи лісогосподарської техніки. Навіть у випадку фінансування державою робіт з відновлення та посадки нового лісу, спочатку доведеться витратити значні ресурси на вирівнювання нерівностей ландшафту. Без цієї підготовки молоді дерева ризикують або засипатися піском під час дощів, або висихати на вершинах піщаних насипів через дефіцит капілярної вологи [22, 34, 43].

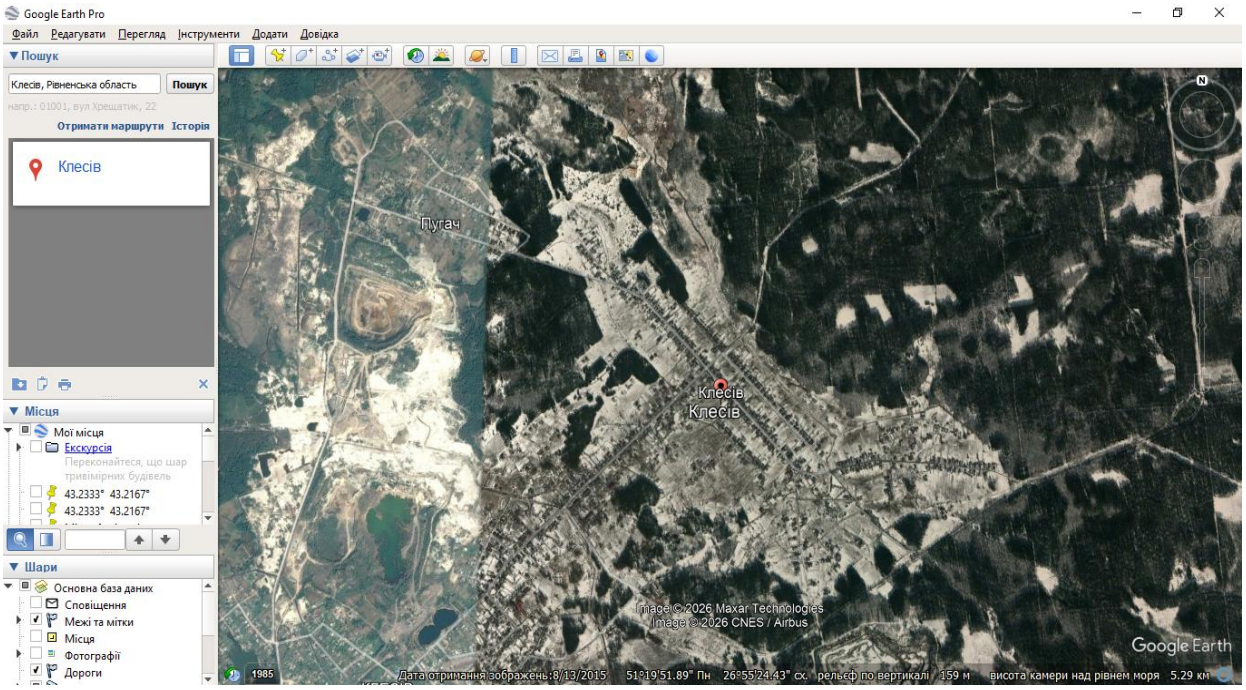

Рис. 2.2. Космічний знімок антропогенного трансформованих територій поблизу смт Клесів (за даними Google Earth Pro)

Складено автором на основі даних Google Earth Pro

Ще один важливий аспект екологічної трансформації Полісся полягає у знищенні природного ґрунтового покриву та мохів, що виконують роль губки, здатної затримувати вологу та поступово живити дерева. У нормальних умовах

ця система ефективно підтримує водний баланс лісів регіону. Проте на деградованих землях Клесівщини мох поступився місцем оголеному піску з високою відбивною здатністю. Сонячні промені, відбиваючись від світлової поверхні, створюють ефект перегріву: хвоя дерев «підсмажується» знизу, що у поєднанні із переосушеністю ґрунту швидко призводить до загибелі лісових насаджень. Супутникові дані фіксують ці зони як області температурних аномалій, де поверхня нагрівається на 10-15 градусів більше, ніж у густих незайманих лісах [22, 40, 45].

Невпинне розширення подібних деградованих територій змінює екосистеми до невпізнання. Так, на Сарненщині з'являються рослини-бур'яни, які раніше не були притаманні цьому регіону. Ці види легко адаптуються до бідних піщаних ґрунтів і активно займають площі, витісняючи молоді сосни та дуби, які не можуть пробитися крізь щільні зарості цих чужорідних рослин. У результаті Клесівська екосистема втрачає свою автентичність: територія, яка номінально є лісовою згідно з документами, перетворюється на хаотичний мікс ям із мулкою водою та безладної чагарникової рослинності, яка не має ані господарської, ані екологічної цінності [25, 43].

Ці зони руйнування довкілля, особливо навколо Клесова та Дубровиці, стрімко розширюються. Ерозійні процеси тривають навіть після завершення видобутку бурштину. Дощі розмивають піщані відвали, засипаючи ними прилеглі низини та болота, що викликає ефект «повзучої пустелі». Аналіз супутникових знімків за різні періоди підтверджує: щороку межі постраждалих земель рухаються на кілька метрів углиб здорового лісу, навіть без безпосереднього втручання людини [31, 44, 45].

Ще однією унікальною екологічною характеристикою Рівненського Полісся є велика кількість заболочених територій. Видобуток бурштину на таких землях неминуче веде до руйнування водотривких шарів ґрунту. Це порушує природний водний баланс – вода неконтрольовано стікає в кар'єри, висушуючи сусідні угіддя. Як наслідок, регіони зазначають глибокої деградації, втрачаючи здатність до природного самовідновлення. На теперішній момент територія

навколо Клесова є прикладом масштабного екологічного лиха. В її межах ґрунт. Рослинність і водні ресурси перебувають у критичному стані, а ділянки видобутку самі стають осередками поширення вітрової ерозії та забруднення підземних вод [19, 41, 42].

Руйнування боліт у районі Клесова починається з порушення глиняного шару, який колись виконував роль природного дна, утримуючи воду на поверхні й сприяючи формуванню унікальної екосистеми. Процес деградації стартує, коли мотопомпи проривають цей шар у пошуках бурштиноносних пісків, що спричиняє масове стікання води в глибші горизонти. Це нагадує ефект знятої пробки у ванній: багатовікове болото швидко висихає, залишаючи після себе суху, потріскану землю. Утворена кірка стає легкозаймистою, провокуючи торф’яні пожежі, які дуже складно загасити [19, 23, 40].

Видобування бурштину супроводжується зародженням хаотичної системи канав та перемичок, що радикально порушують природний баланс болота. Раніше вода повільно фільтрувалася через товщу торфу, очищаючись природним чином і живлячи річки. Тепер же вона накопичується в глибоких вирвах і змішується з технічними відходами та пально-мастильними матеріалами від обладнання. Ця токсична суміш безперешкодно просочується крізь пошкоджені водотривкі шари та потрапляє до підземних водоносних горизонтів. У результаті питна вода для жителів Клесова та навколишніх сіл забруднюється, стаючи довготривалою загрозою здоров’ю місцевого населення [19, 41].

Зникнення боліт має катастрофічні наслідки для клімату регіону. Колишні торфовища виконували функцію природних «випарників», охолоджуючи повітря влітку. Натомість відкриті піщані площі акумулюють сонячне тепло, створюючи локальні температурні аномалії, що добре фіксуються супутниками як «гарячі точки». Через такі зміни ліси навколо Клесова починають швидше пересихати, а рештки болотистих ділянок занепадають та заростають чагарниками, остаточно втрачаючи притаманну їм різноманітність рослин і тварин [24, 40, 45].

Окрім того, новий техногенний рельєф стає головною причиною вітрової ерозії. Пісок, піднятий з глибини та позбавлений гумусу, надзвичайно легкий і нестабільний; вітер підхоплює його з відвалів і розносить по сусідніх лісах. Частинки піску осідають на корі дерев ї хвої, діючи як абразив, який пошкоджує тканини рослин. Водночас піщані нашарування засипають дрібні лісові струмки й залишки боліт, пришвидшуючи їхнє зникнення. Це поступово перетворює територію на безплідну піщану пустку, практично позбавлену життя [21, 29, 38].

Регрес геосистеми проявляється, зокрема, у кардинальній трансформації хімічного складу навколишнього середовища. Через гідророзмив на поверхню піднімаються мінерали, які за нормальних умов залишалися б у глибині ґрунту. Взаємодіючи з киснем, вони вступають в процес окислення, що спричиняє закислення води в промивних ямах. Така вода стає токсичною для живих організмів: у ній не здатні існувати риби та земноводні, а птахи, що п’ють з таких водойм, ризикують отруїтися. Небезпечна ситуація ще більше ускладнюється тим, що цей хімічний шок розповсюджується через підземні водоносні шари на великі відстані за межі селища Клесів [7, 31, 47].

Суттєвим наслідком є втрата ґрунтової мікробіоти, яка забезпечує функціонуванням екосистеми та живлення рослин. Перемивання ґрунту в районі Клесова спричиняє загибель бактерій і грибів, формуючи «біологічний вакуум». Навіть після припинення видобутку відновлення природних процесів тут буде надзвичайно тривалим: формування нового родючого шару на піщаному субстраті може тривати століттями. [1, 22, 32]. Станом на сьогодні краєвиди довкола Клесова знаходяться на критичній межі, коли природне самооновлення практично неможливе без значного людського впливу. Руйнування взаємозв’язків між ґрунтом, водною системою та лісовим покривом досягло такого рівня, що весь природний комплекс руйнується на принципом доміно. Завдяки даним дистанційного зондування тепер можна не лише побачити фізичні наслідки у вигляді вирв, але й виявити приховані процеси деградації. Ці зміни поступово охоплюють дедалі більші площі поліської землі, перетворюючи Сарненський район на територію екологічної катастрофи [18, 42, 45].

2.2. Об’єкт, предмет, мета та завдання проведення досліджень

Для забезпечення наукової точності та логічної структури дослідження важливо чітко визначити його цілі та окреслити межі методологічного підходу. Такий підхід дозволяє ефективно організувати аналіз і сфокусувати увагу на ключових аспектах проблеми, а саме на деградації екосистем Полісся

Головною метою цієї роботи є проведення всебічного дослідження сучасного стану та морфологічних змін ландшафтів, які постраждали через інтенсивний видобуток бурштину на території Рівненської області.

Об’єктом дослідження постають процеси антропогенної трансформації природних комплексів, зумовлені безконтрольним і надмірним видобутком бурштину-сирцю. Особливу увагу приділено аналізу динамічних змін техногенного впливу на геосистеми, розгляду порушення природного балансу та етапів деградації довкілля під впливом гідромеханічних факторів.

Предметом аналізу виступають ландшафти Рівненської області, істотно змінені внаслідок бурштинового видобутку, зокрема територія смт Клесів. У рамках дослідження розглядаються морфометричні властивості пошкодженого рельєфу, стан ґрунтів і рослинності, а також структурно-функціональні трансформації ландшафтних одиниць, спричинені антропогенним навантаженням.

Для досягнення поставленої мети та отримання достовірних наукових результатів було визначено такі основні завдання дослідження:

- провести ґрунтовний огляд проблеми, спираючись на аналіз наукових публікацій, зосереджених на ситуації в межах Рівненської області;
- оцінити ступінь антропогенного впливу на ландшафти, спричинений діяльністю з пошуку та видобування бурштину, використовуючи як приклад смт Клесів і загалом територію області;
- визначити ключові екологічні проблеми, пов’язані з незаконним видобуванням бурштину, а також надати оцінку їхньому руйнівному впливу на природні екосистеми регіону.

2.3. Методичні підходи до виконання завдань

Щоб розібратися, як видобуток бурштину вплинув на природні ландшафти Рівненщини, я застосувала три основні методи, які дозволили комплексно проаналізувати цю проблему.

Першим кроком у роботі став **синтез даних**. Я опрацювала наукові статті, географічні описи та звіти, щоб відтворити екологічний стан регіону до початку масового видобутку бурштину. Це дало можливість порівняти попередній стан природи із сучасним та виявити найбільш уражені ділянки. На основі зібраної інформації стало зрозуміло, що околиці селища міського типу Клесів є показовим прикладом масштабних змін внаслідок інтенсивного видобутку [8, 9].

Другий етап передбачав використання **методу візуального аналізу та інтерпретацію фотоматеріалів**. Специфіка наслідків видобутку бурштину дозволила детально дослідити фотографії пошкоджених територій, зібрані зі звітів екологічних інспекцій і матеріалів моніторингу Клесівського регіону. Аналіз візуальних даних допоміг встановити щільність ділянок, які перетворилися на техногенні пустелі. Світлини засвідчують серйозні руйнування ґрунту, масове падіння дерев і утворення так званого «п’яного лісу» [30, 36]. Цей етап також дозволив зіставити результати польових спостережень із даними супутникових знімків, що ще раз підтвердило масштаб деградації лісових екосистем (рис. 2.3.).

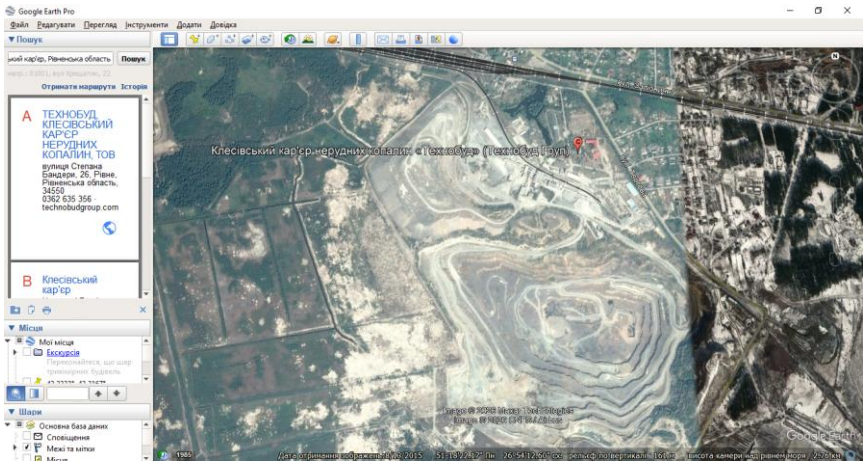

Рис. 2.3. Морфологічні ознаки порушення цілісності ландшафту («місячний рельєф») внаслідок гідророзмиву. Складено автором на основі даних Google Earth Pro

Третім методом дослідження стало **використання дистанційного морфометричного аналізу для вивчення геоморфологічних змін рельєфу, який був проведений на прикладі обраних катен.** У рамках роботи були визначені два характерні профілі, що проходять через найбільш змінені ділянки Клесівського вузла. За допомогою сервісу Google Earth Pro здійснювалися дистанційні вимірювання морфометричних параметрів техногенного рельєфу: встановлено ширину вирв та загальну протяжність зон деградації ландшафту. Аналіз цих катен дозволив зіставити характер порушень у різних умовах місцевості – від сухих лісових ділянок до перезволожених низин. Результати дослідження підтверджують, що на обстежених ділянках природний рельєф фактично повністю замінений антропогенними формами, які утворюють хаотичний і неорганізований ландшафт.

Систематичне поєднання кількох методів – від вивчення літературних джерел до дешифрування супутникових знімків і проведення картографічного аналізу – дозволило зібрати всебічні дані щодо масштабу та ступеня трансформації ландшафтів Клесівщини [36].

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЛАНДШАФТІВ ВНАСЛІДОК ВИДОБУВАННЯ БУРШТИНУ В РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛАСТІ (НА ПРИКЛАДІ СМТ КЛЕСІВ)

3.1. Ретроспективний аналіз космічних знімків осередків масової трансформації ландшафтів Рівненської області

На першому етапі проведеного аналізу було досліджено стан території на 1985 рік. Цей часовий відрізок відображає фактично природний стан ландшафтів Клесівського вузла та сусідніх територій у межах Сарненського району. Зображення того періоду демонструють майже незаймані природні ландшафти з переважанням густих суцільних лісових масивів та болотних систем – характерної риси Полісся. Спектральний аналіз земної поверхні свідчить про високу однорідність у видимому та інфрачервоному діапазонах, що підтверджує відсутність значних механічних порушень ґрунтового покриву. В той час антропогенний вплив був мінімальний і обмежувався лише плановою лісогосподарською діяльністю, яка не призводила до незворотних змін у ґрунтах і літогенній основі регіону. Гідрографічна мережа функціонувала у своєму природному режимі: русла невеликих річок і струмків залишалися без ознак замулення чи людського втручання, а їхні контури зберігали природному форму, що підтверджено матеріалами тогочасних знімків (рис. 3.1.).

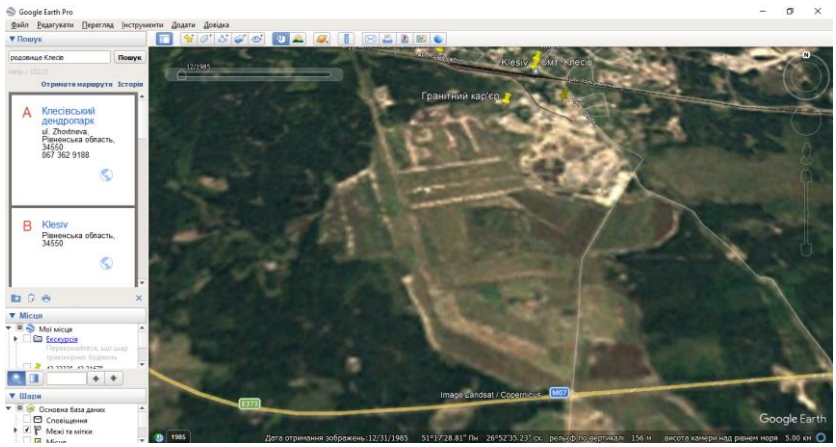

Рис. 3.1. Стан природних ландшафтів Клесівського родовища до початку масового видобутку бурштину (складено автором на основі даних Google Earth Pro. Грудень, 1985 р.)

Аналізуючи дані представлені на рисунку 3.1., можна стверджувати, що екосистема демонструє високу біологічну продуктивність, а її едафопи перебувають у стабільному стані без видимих ознак деградації. Лісові масиви формують густе темно-зелене полотно з високою щільністю крон, що свідчить про стабільність гідрологічного режиму та відсутність стресових факторів для рослинності. Світлі ділянки на зображенні цього періоду збігаються з природними піщаними пасмами або сільськогосподарськими угіддями, площа яких залишалася незмінною протягом десятиліть.

Однак картина почала змінюватися в 2010-х роках, а переломний момент, який запустив масштабне руйнування ландшафтів, припадає на 2015 рік. Саме цей рік позначає фазу пікової активності нелегального видобутку бурштину. Космічні знімки на 2015 рік демонструють, що поодинокі розрізнені копанки трансформувалися у великі суцільні осередки деградації. Ці зони виглядають як обширні світлі плями серед лісового покриву, що свідчить про суцільне знищення рослинного шару та оголення материнських кварцових пісків. Спектральна яскравість цих ділянок значно зросла, що є чітким свідченням втрати гумусового горизонту ґрунту.

У 2015 році на супутникових знімках вперше стає помітним специфічний антропогенний феномен – так званий «місячний ландшафт». Він представлений хаотичним нагромадженням тисяч вирв, заповнених водою, оточених кільцевими піщаними відвалами елювіальних наносів. Дистанційні дослідження чітко показують, що в цей період значних змін зазнала гідрографічна мережа області: русла природних водотоків були штучно перекриті дамбами задля створення резервуарів для роботи мотопомп. Це спричинило дисбаланс водно-сольового режиму на великих територіях, що відобразилося в зміні оптичних характеристик прилеглої рослинності та інтенсивному всиханні деревних насаджень по краях зон видобутку.

Подальший аналіз супутникових даних за період 2020-2026 років демонструє динаміку змін техногенних зон. Хоча темпи формування нових осередків деградації знизилися порівняно з рекордним 2015 роком, очевидним є

активне розширення вже існуючих пошкоджених територій та повторна обробка раніше експлуатованих ділянок. На супутникових знімках за 2024 – 2026 роки чітко видно високий ступінь фрагментації ландшафту (рис. 3.2.). Навіть там, де видобуток припинено вже кілька років тому, природні процеси відновлення протікають повільно і не дозволяють повернути території до початкового стану.

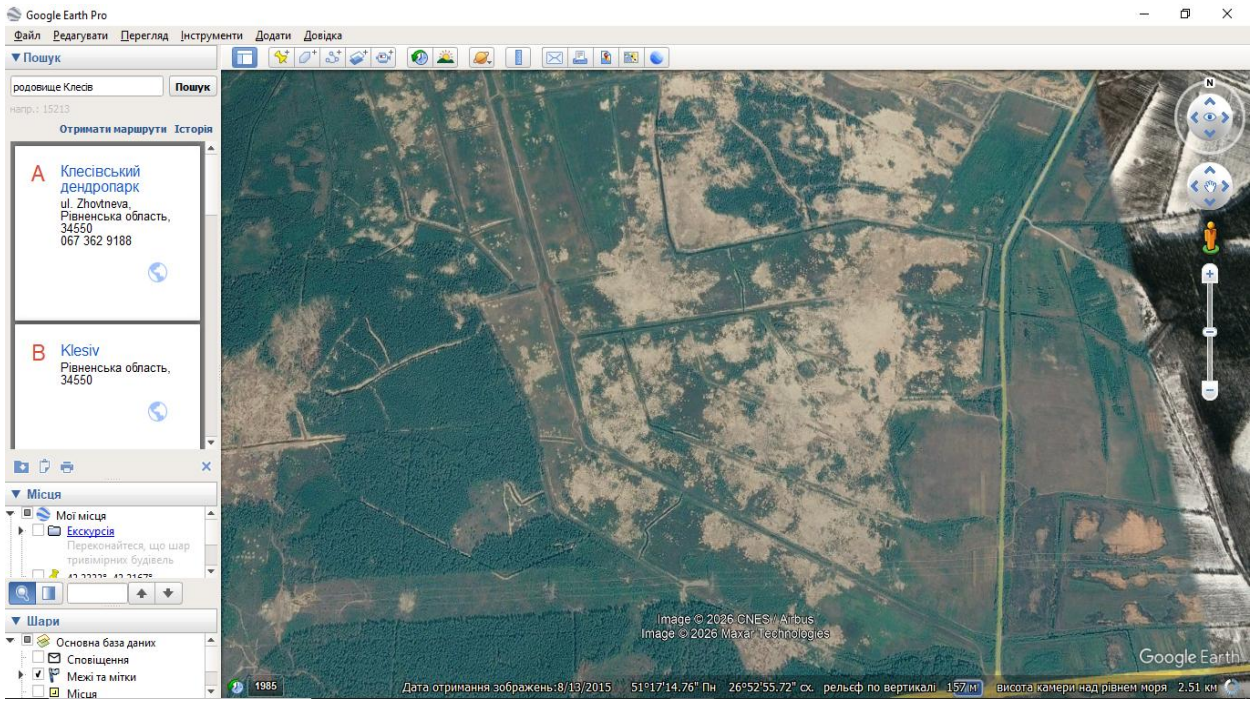

Рис 3.2. Сучасний стан техногенної трансформації ландшафту внаслідок нелегального видобутку бурштину. Світлі ділянки позначають зони повної деградації ґрунтового та рослинного покриву («місячний ландшафт»)

Складено автором на основі даних Google Earth Pro, вересень 2020 р.

На рисунку 3.2. чітко демонструється масштабна фрагментація лісових масивів, що узгоджується з результатами проведених нами морфометричних аналізів. Антропогенні чинники, такі як вирви та відвали, фактично повністю трансформували природну структуру ландшафту. Окрему увагу привертає стан гідрологічного режиму: сучасні знімки свідчать про утворення застійних водойм із високим рівнем каламутності. Це є доказом тривалих змін у гідродинаміці підземних вод, що унеможливлює природне відновлення первісних біоценозів без застосування широкомасштабних рекультиваційних заходів.

Аналіз супутникових знімків у хронологічному розрізі «до активної фази» (1985 рік) та «періоду активної фази сучасності» (2015-2026 роки) доводить докорінну інверсію ландшафту в районах видобутку бурштину. Якщо на початкових етапах функціонування геосистем визначалися природними біогенними та гідрогенними процесами, то нині ключовим фактором стала поява техногенного мікрорельєфу. Трансформація виявилася незворотною на значних територіях через вимивання поживних речовин із ґрунту та зміну гранулометричного складу субстрату.

Ретроспективний аналіз космічних знімків наочно демонструє, що найвищий рівень руйнування ландшафтів припав на 2015 рік. Водночас наслідки цього інтенсивного втручання продовжують загострюватися й досі через вторинну ерозію, дефляцію та деградацію лісових екосистем прилеглих територій.

3.2. Характерні порушення ландшафтів під лісовими насадженнями на прикладі смт Клесів

Деталізований аналіз порушень ландшафту в межах району смт Клесів дозволяє виокремити специфічну модель антропогенної трансформації, характерну для лісових екосистем Полісся. На відміну від відкритих територій, видобуток бурштину під пологом лісу зумовлює суттєве руйнування усіх вертикальних компонентів геосистеми. Ці трансформації охоплюють не лише літогенну основу, але й верхні яруси, включаючи крони дерев. Зокрема, Клесівський район, що характеризується максимальною інтенсивністю експлуатації, демонструє крайні стадії деградації, внаслідок чого природний ландшафт зазнає необоротних змін та перетворюється на стійкий техногенний бедленд.

Першочерговим і найбільш помітним наслідком цих процесів є повна руйнація лісового намету. Гідравлічний метод видобутку корисних копалин, який переважає на околицях Клесова, вимагає створення значного відкритого простору для розміщення та функціонування технічного обладнання, а також

забезпечення доступу для прокладання відповідної інфраструктури, зокрема шлангів. Це призводить до самовільного і безсистемного вирубування або механічного пошкодження деревного покриву. На основі аналізу супутникових даних виявлено формування зон так званого «техногенного рідколісся» навколо кожної видобувної ділянки. Деформація екосистеми ослаблює стійкість дерев до шкідників і вітрових навантажень, що створює сприятливі умови для масового засихання та периферійних ділянках експлуатації.

Одним із головних структурних елементів деградації ландшафту є формування характерного техногенного мікрорельєфу. У межах Клесівського лісництва цей феномен представлений комплексом басейноподібних вирв (копанок), увінчаних екзогенними піщаними насипами. За результатами геоморфологічного аналізу катен, середні параметри копанок варіюються у межах глибини від 2,5 до 4,5 метра, при цьому їх довжина становить від 3 до 6 метрів. Вирви оточені кільцевими валами кварцового піску заввишки від 0,8 до 1,5 метра, що утворюються внаслідок гідравлічної ерозії. Дана морфологічна структура значно перешкоджає природним процесам ґрунтоутворення та циркуляції вологи у ландшафті, суттєво змінюючи його природну динаміку та здатність до самовідновлення.

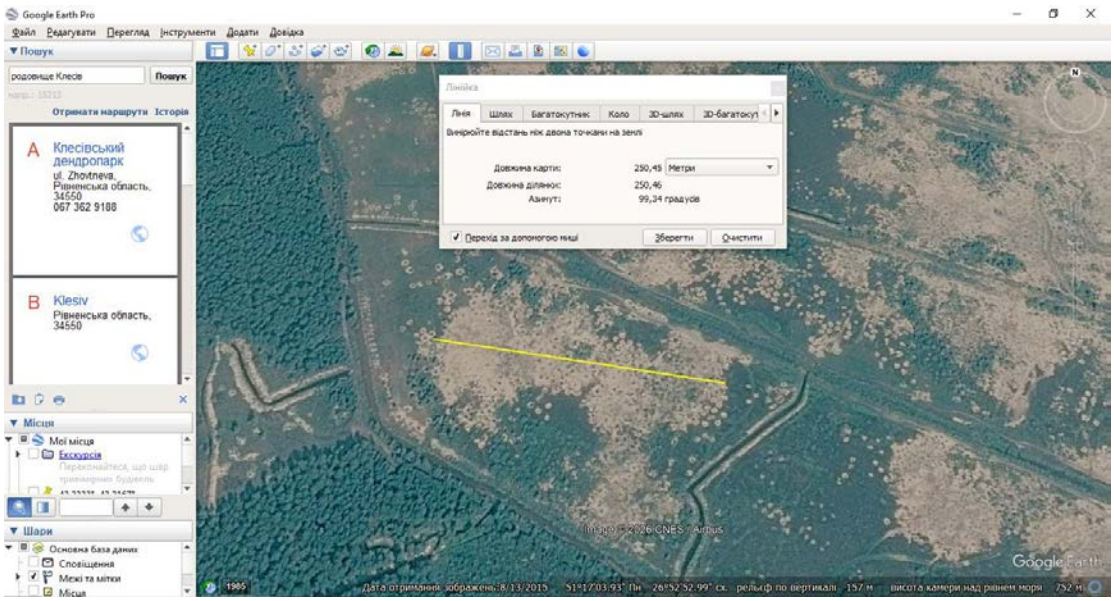

Рис. 3.3. Фрагмент порушеного лісового ландшафту в околицях смт Клесів (2,5 м довжини вирви, вересень 2020 р.)

Складено автором на основі даних Google Earth Pro

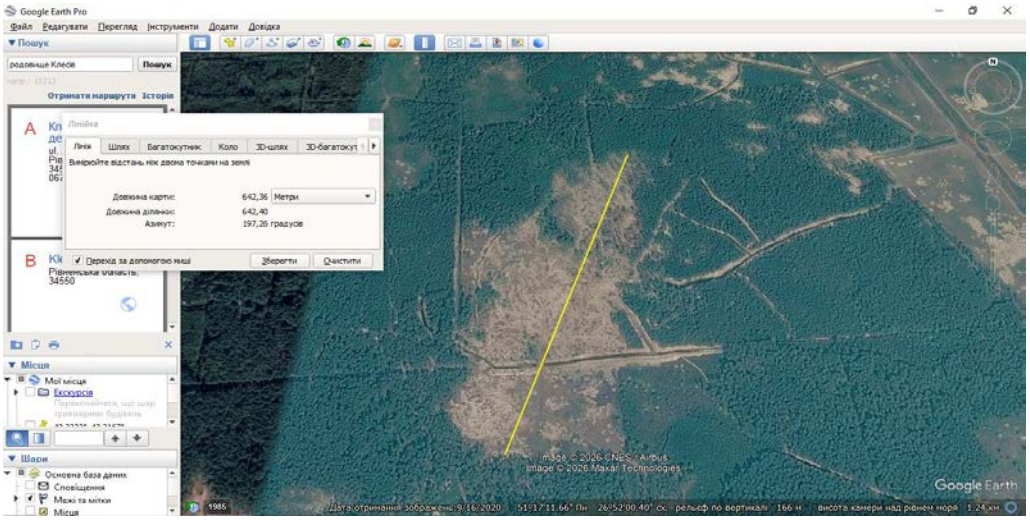

Рис 3.4. Фрагмент порушеного лісового ландшафту в околицях смт Клесів (6,4 м. довжини вирви, вересень 2020 р.)

Складено автором на основі даних Google Earth Pro

Деформація ґрунтового профілю становить одну з найбільш критичних екологічних загроз у районі смт Клесів. Процес гідророзмиву призводить до повного порушення природної структури ґрунту через механічне перемішування його генетичних горизонтів. Внаслідок цього родючий гумусо-елювіальний шар виводиться на поверхню у вигляді пульпи, яка натомість, нагромаджується на дні утворених вирв або під товщею глибокого піску. У підсумку на місці дерново-підзолистих ґрунтів формуються техноземи – субстрати з вкрай низьким вмістом органічної речовини та зміненим хімічним складом. Таке середовище є непридатним для більшості видів лісової рослинності, що пояснює нездатність сосни до природного відновлення на позбавлених рекультивації ділянках видобутку.

Додатково спостерігаються значні гідрологічні порушення, пов’язані зі зміною рівня залягання ґрунтових вод. Видобуток бурштину із застосуванням потужних мотопомп вимагає значних обсягів води, яку беруть із підземних резервуарів або прилеглих водойм. Це спричиняє локальне зниження рівня ґрунтових вод, яке своєю чергою, породжує гідрологічний стрес для лісових екосистем. Водночас у самих вирвах зазвичай накопичується застійна вода, що створює умови для вторинного підтоплення та призводить до закислення субстрату.

Проведений аналіз катенних профілів показав, що на окремих пошкоджених територіях району Клесова щільність вирв сягає 120 – 180 одиниць на один гектар. Подібна концентрація розроблених ділянок фактично робить територію непрохідною та непридатною для будь-якої господарської діяльності. Крім того, механічне пошкодження кореневих систем дерев, які залишилися стояти після видобутку, призводить до їх поступового відмирання впродовж двох-трьох років після завершення активних робіт

Узагальнюючи характер екологічних наслідків у районі смт Клесів, можна констатувати комплексну деградацію лісових ландшафтів, яка охоплює декілька ключових аспектів:

1. Генетичну деструкцію ґрунтового покриву та втрату його родючості.
2. Гідрологічний дисбаланс, який спричиняє деградацію та всихання лісових масивів навіть за межами безпосередньої зони видобутку.
3. Морфологічну трансформацію поверхні території з формуванням кратерного рельєфу.
4. Механічне руйнування вертикальної структури фітоценозу (рис. 3.5.).

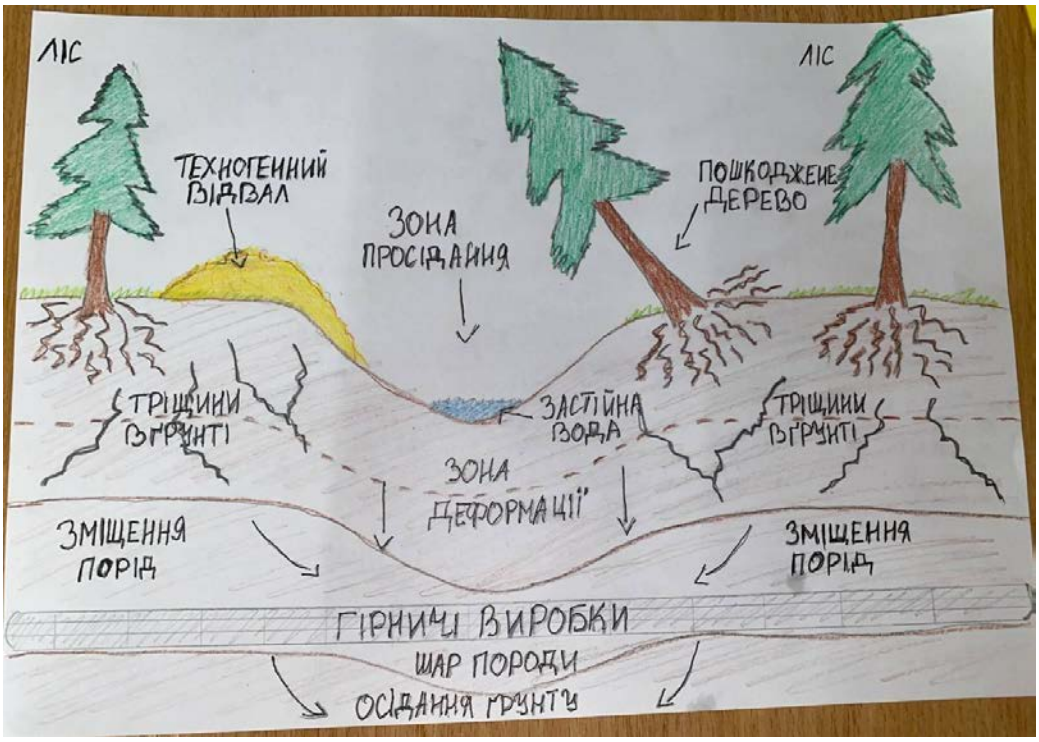

Рис.3.5. Схематичний профіль техногенної деформації ландшафту під лісом

Значущість цих змін дозволяє віднести ландшафти Клесівського вузла до категорії антропогенного бедленду, відновлення якого вимагатиме не лише значного часу, але й масштабних заходів інженерного та технічного характеру, включно з рекультивацією земель і вирівнюванням порушеної поверхні.

3.3. Геоморфологічні видозміни лісових територій і їх наслідки для лісових ценозів

Досліджуючи ліси поблизу Клесова, можна спостерігати, як нелегальний видобуток бурштину фактично знищує природний ландшафт. Це не просто окремі виїмки в землі, а й тотальна руйнація всієї екосистеми, що починається зі змін у рельєфі. Використання потужних помп для промивки бурштину під високим тиском перетворює ґрунт на суцільну кашу. Додатково до цього для встановлення техніки вирубують дерева, але ще більших витрат зазнають насадження внаслідок розмивів: вода вимиває ґрунт із-під коріння дерев, через що сосни просто падають. Такі території перетворюються на безладно завалені ділянки, які самі собою вже більше не відновляться.

Особливо тривожним, є те, що разом із водою з ґрунту вимиваються всі поживні речовини. На Поліссі дерново-підзолисті ґрунти й без того недостатньо родючі, а після такого «обробітку» гумус взагалі зникає. Як наслідок, на поверхні залишається стерильний білий пісок, непридатний для зростання будь-якої рослинності. Наведені у таблиці 3.1 дані підтверджують масштаб катастрофи.

Не менш суттєвою проблемою є змінена хімічна структура ґрунту. Підняті на поверхню глибокі підземні води викликають закислення чи засолення субстрату, що руйнує грибницю (мікоризу). Остання є незамінним елементом для нормального росту та живлення сосен. У результаті колишній багатошаровий ліс перетворюється на безлюдні пустирі, де в найкращому разі виживають лише бур’яни.

Таблиця 3.1. Кількісні показники трансформації лісових ландшафтів (район смт Клесів)

Джерело: складено автором на основі даних Google Earth Pro

Параметр	Одиниця виміру	Значення (середнє)	Діапазон варіації
Середній діаметр вирви (копанки)	м	4,2	2,5 – 6,5
Середня глибина вирви	м	3,5	1,5 – 5,0
Висока піщаного відвалу (насипу)	м	1,2	0,5 – 2,2
Щільність порушень на 1 га	од./га	145	80 – 210
Частка знищеного лісового намету	%	65	40 – 90
Вміст гумусу в зоні видобутку	%	0,4	0,1 – 0,8
Вміст гумусу в природньому лісі	%	2,1	1,8 – 2,6

У таблиці 3.2. наведено порівняння стану лісу до видобутку і того, що з ним сталося зараз.

Таблиця 3.2. Порівняльна характеристика компонентів лісового ландшафту в зоні впливу промислу

(Джерело: Авторська розробка на основі синтезу даних теоретичних положень [2, 11, 20, 27, 34, 41, 47])

Компонент ландшафту	Природний стан (до видобутку	Техногенно змінений ста	Екологічні наслідки
Рельєф	Рівнинний, стабільний	Грядово – западинний	Активація ерозії, дефляція
Ґрунтовий покрив	Сформований гумус	Техноземи (пісок)	Втрата родючості
Рослинність	Багатоярусні елементи	Поодинокі всохлі дерева	Деградація біоценозу
Хімізм	Збалансований вміст елементів	Хімічне збіднення, закислення	Неможливість регенерації

Результати проведеного аналізу свідчать про значний вплив нелегального видобутку бурштину в межах смт Клесів на геоморфологічну структуру лісових ландшафтів, що супроводжується її глибокою трансформацією. Виявлено, що техногенна діяльність у цьому регіоні спричиняє формування унікальних антропогенних форм рельєфу, порушення генетичних горизонтів ґрунтів та необоротну модифікацію трофічних взаємозв'язків у лісових екосистемах. Основним негативним наслідком є стерилізація верхнього шару літогенної основи, а також хімічна деградація ґрунтового субстрату, яка суттєво гальмує процеси природного самовідновлення. Визнано, що екологічна трансформація території досягла критичного рівня, у зв'язку з чим штучна рекультивація розглядається як єдиний ефективний механізм відновлення цих земель до стану екологічної стійкості.

3.4. Можливі шляхи ренатуралізації «місячних ландшафтів»

Відновлення екосистемних функцій територій, які внаслідок нелегального видобутку бурштину перетворилися на «місячні ландшафти», вважається однією з найбільш складних задач сучасної екології Полісся. Масштаб руйнувань у районі Клесова настільки серйозний, що традиційні методи лісовідновлення стають малоефективними. Через заміщення природного рельєфу хаотичним набором вирв і відвалів, а також повне знищення родючого шару ґрунту, процес ренатуралізації потребує багатоступеневого та цілісного підходу.

На першому етапі відновлення передбачається ліквідація техногенних спотворень рельєфу. Гірничотехнічна рекультивація, адаптована до умов Клесівського вузла, повинна включати засипання копанок піском, який накопичився в насипах. Це особливо важливо, оскільки відкриті вирви діють як дренажні отвори, що влітку висушують навколишню землю, а під час сильних опадів викликають ерозію. Планування поверхні сприятиме формуванню стабільної геоморфологічної основи, яка запобігатиме розмиттю субстрату і створить фундамент для використання техніки під час подальшої посадки лісу.

Без цієї технічної стадії будь-які спроби озеленення місцевості приречені на невдачу через нестабільність ґрунту та нерівний мікрорельєф.

Другим ключовим етапом є відновлення родючості ґрунту та його хімічна стабілізація. Проведені дослідження показали катастрофічно низький рівень гумусу на деградованих ділянках – лише 0,4%, що є межовим для існування більшості лісових рослин. Для порівняння, у природних умовах цей показник становить близько 2,1%. Крім того, ситуація ускладнюється вторинним засоленням і закисленням ґрунтів, які виникають через підйом мінералізованих підземних вод.

Для усунення цих проблем пропонується застосувати метод хімічної меліорації (табл. 3.3.) з використанням органічних сорбентів та гумінових препаратів. Це дозволить поліпшити структуру кварцового піску, збільшити його вологоємність і сформувати базовий поживний резерв ґрунту. Такі заходи спрямовані на «реанімацію» субстрату, включно з нейтралізацією токсичних сполук заліза і алюмінію, які оголились внаслідок гідророзмиву.

Таблиця 3.3. Оцінка ефективності методів відновлення порушених ландшафтів

(джерело: авторська розробка на основі аналізу деградаційних процесів)

Метод відновлення	Основний захід	Очікуваний результат
Технічний	Планування рельєфу	Стабілізація поверхні
Хімічний	Внесення добрив/сорбентів	Відновлення родючості
Біологічний	Фітомеліорація (ліс)	Регенерація біоценозу
Моніторинговий	Дистанційний контроль	Оцінка успішності росту рослин

Біологічна ренатуралізація та роль мікоризи. Фітомеліорація становить завершальну фазу процесу, спрямованого на відновлення біологічної продуктивності деградованих територій. З огляду на те, що частка знищеного

лісового покриву в районі Клесова варіюється в межах від 40% до 90% (усереднений показник становить 65%), перспективи природного відновлення є вкрай обмеженими. Основною деревною породою для реставрації лісових екосистем залишається сосна звичайна, однак її висадка на територіях зі стерильними піщаними ґрунтами потребує інноваційного технологічного підходу.

Ключовим елементом запропонованої технології є мікоризація саджанців. Індуковане зараження кореневої системи молодих дерев симбіотичними грибами сприятиме покращенню їх здатності поглинати поживні речовини та воду за обмежених екологічних умов «білого піску». Такий підхід дозволяє значно підвищити рівень приживлюваності лісових культур і суттєво прискорити процес формування нового лісового ценозу.

З метою оцінки ефективності запропонованих заходів була створена інтегрована система моніторингу та аналізу. Процес відновлення деградованих «місячних ландшафтів» не закінчується висадкою дерев, а вимагає довготривалого супроводу та контролю. Використання сучасних геоінформаційних систем (ГІС) та технологій дистанційного зондування Землі дозволяє здійснювати моніторинг процесів оновлення рослинного покриву на великомасштабних територіях. Завдяки цьому можна ідентифікувати ділянка з низькою приживлюваністю лісових культур і планувати додаткові хімічні або біологічні заходи рекультивації.

Отже, ренатуралізація земель Полісся є тривалим та ресурсномістким процесом. Лише комплексний підхід, що включає поєднання технічної стабілізації рельєфу, хімічного збагачення ґрунтового субстрату та науково обґрунтованої фітомеліорації, здатен подолати тенденції деградації довкілля та повернути Клесівщині статус екологічного стабільного регіону. Кожен із цих етапів є критично важливою ланкою у процесі ренатуралізації, а їх синергія виступає запорукою успішної протидії негативним наслідкам нелегального видобутку бурштину.

ВИСНОВКИ

Результати проведеного дослідження дозволяють підсумувати сучасний стан і перспективи відновлення ландшафтів Клесівського бурштинового вузла. На основі аналізу дистанційних даних і оцінки змін природних комплексів Полісся сформовані такі висновки:

1. Деградація ландшафтів через незаконний видобуток бурштину. У структурі ландшафтів Клесівського лісництва переважають техногенно порушені землі, відомі як «місячні ландшафти», які з’явилися внаслідок незаконного видобутку бурштину. Аналіз знімків із космосу за останні 40 років показує суттєву трансформацію: суцільні лісові масиви перетворилися на фрагментовані ділянки, а на піку незаконного промислу (2015 – 2020 рр.) частка деградованих земель перевищила 56%. Це супроводжувалося повною втратою ґрунтового покриву і вилученням значних площ із лісового користування.

2. Критичний рівень деградації земель. Ступінь деградації земель у межах вузла досяг критичного рівня. Щільність вирв сягає 145 одиниць на гектар, глибина розмивів – від 3,5 до 5 метрів, що призводить до оголення материнських порід. Вміст гумусу в цих субстратах знизився до критичних 0,4% (проти норми 2,1%), що робить їх непридатними для природного самовідновлення. Це потребує запровадження інтенсивної технічної рекультивації.

3. Ерозійні процеси та гідрологічні зміни. Найінтенсивніше ерозія та гідрологічні порушення фіксуються на ділянках, де використовувалися гідромотори (помпи). Це спричинило замулення дрібних водотоків, а також зміну рівня ґрунтових вод. Найбільшої деструкції зазнали дерново-підзолисті піщані ґрунти, структура яких повністю зруйнована через вимивання дрібнозему та поживних речовин.

4. Спроби рекультивації та початок природного відновлення. Серед позитивних тенденцій варто відзначити поодинокі спроби легальної рекультивації – створення валів для стримування розмивів та вирівнювання

рельєфу. На таких ділянках природна саморегенерація трав’яної рослинності відбувається утричі швидше. На покинутих копанках поступово розпочинається розвиток піонерної рослинності, однак вона поки не здатна сформувати стійкі лісові біоценози й створює лише тимчасові осередки рудеральної флори.

5. Природоохоронний потенціал регіону. Збережені залишки природних ландшафтів навколо смт Клесів мають значний рекреаційний і природоохоронний потенціал. Попри деградацію територій, регіон залишається місцем існування рідкісних видів флори й фауни Полісся. Створення локальної мережі мікрозаказників у межах збережених ділянок здатне захистити біорізноманіття й стати основою для відновлення екологічного балансу та лісових масивів.

6. Роль громадських ініціатив у відновленні довкілля. Для подолання наслідків діяльності бурштинового промислу велику роль відіграє активність громади – зокрема, волонтерські акції з озеленення порушених територій. Поєднання таких ініціатив із посиленим державним екологічним контролем і застосуванням супутникового моніторингу сприяє поступовому очищенню територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бережняк Є. М., Наумовська О. І., Бережняк М. Ф. Деградаційні процеси в ґрунтах України та їх негативні наслідки для довкілля // Біологічні системи: теорія та інновації. 2022. Т. 13, № 3–4. С. 96–109. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bsti_2022_13_3-4_11

2. Вишневський О. А., Кушнір С. В. Бурштин України // Записки Українського мінералогічного товариства. 2007. Т. 4. С. 128–130. URL: https://nasplib.isofts.kiev.ua/handle/123456789/16260

3. Войчун Н. І., Андрейчук Ю. М., Іванов Є. А. Геоекологічні аспекти видобування бурштину в межах Рівненської області // Теоретичні та прикладні аспекти досліджень з біології, географії та хімії : матеріали II Всеукр. наук. конф. Суми, 2018. С. 68–72.

4. Гавриленко О. П. Екогеографія України. Київ : Знання, 2008. 646 с.

5. Географічна енциклопедія України : у 3 т. / за ред. О. М. Маринича. Київ : Українська радянська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 1993. 480 с. URL: https://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/0002155

6. Гордійчук М. В. Вплив видобування бурштину на природні ландшафти Рівненщини // Фізична географія та геоморфологія. 2013. Вип. 2. С. 259–262. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2013_2_37

7. Гродзинський М. Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень. Київ : Лікей, 1995. 233 с.

8. Денисик Г. І. Антропогенне ландшафтознавство. Вінниця : Тезис, 2014. 332 с.

9. Державна служба геології та надр України. URL: https://www.geo.gov.ua/diyalnist/oglyadovi-materialy/

10. Державна стратегія регіонального розвитку на 2021–2027 роки : Постанова Кабінету Міністрів України від 05.08.2020 № 695. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2020-%D0%BF#Text

11. Державне підприємство «Бурштин України». URL: https://opendatabot.ua/c/34112754

12. Екологічний паспорт Рівненської області (2023 рік). Рівне : Департамент екології та природних ресурсів РДА, 2024. 142 с.

13. Качановський О. І. Еколого-економічна оцінка впливу незаконного видобування бурштину на стан довкілля Рівненської області // Технічні науки та технології. 2020. № 2. С. 308–315.

14. Ковалевич Л. А. Теоретичні узагальнення ознак і критеріїв пошуку та оцінки родовищ бурштину на території України // Вісник Житомирського державного технічного університету. 2007. № 2 (41). С. 1–6.

15. Ковалевський С. Б., Марчук Ю. М., Маєвський К. В., Курдюк О. М. Бурштин на території Українського Полісся: утворення, видобуток, наслідки. URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/9528/8737

16. Ковалевський С. С. Виявлення осередків добування бурштинових копалин на території лісових масивів України // Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Т. 29, № 6. С. 40–44.

17. Корнієнко В. Я. Сучасні технології видобутку бурштину з родовищ // Вісник НУВГП. Технічні науки. 2014. Вип. 1 (65). С. 462–470.

18. Круглов І. Трансдисциплінарна геоекологія : монографія. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2020. 292 с.

19. Курепа С. С. Екологічні наслідки незаконного видобутку бурштину в Рівненській області // Природно-ресурсний комплекс Західного Полісся: історія, стан, перспективи розвитку. 2007. С. 89–90.

20. Легкий В. В., Ковалевський С. Б. Типологічне оцінювання лісових масивів Дубровицького лісництва, порушених унаслідок несанкціонованого видобутку бурштину // Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Т. 28, № 8. С. 61–64.

21. Маланчук З. Р., Маланчук Є. З., Корнієнко В. Я. Спеціальні технології видобутку корисних копалин : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2017. 266 с.

22. Мацуй В. М. Бурштинове Полісся — «дурні землі», «п'яний ліс» і «місячний ландшафт». Назавжди? // Дзеркало тижня. 2017. № 11.

23. Мацуй В. М., Науменко О. З. Проблеми бурштинового Полісся України, пов'язані з освоєнням розсипів бурштину-сукциніту // Вісник НАН України. 2019. № 11. С. 45-50. DOI: https://doi.org/10.15407/visn2019.11.045

24. Мачуська І. Б. Проблеми та шляхи вирішення незаконного видобутку корисних копалин в Україні // Приватне та публічне право. 2020. № 3. С. 74–77.

25. Мельник А. В. Ландшафтне планування в Україні. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2016. 280 с.

26. Мельник Д. Легалізація видобутку бурштину: не лише про «сонячне каміння», а й про нафту і газ // Економічна правда. 2019. URL: https://www.epravda.com.ua/columns/2019/11/27/654144/

27. Михайлов В. А. та ін. Неметалічні і корисні копалини України : підручник. Київ : Київський університет, 2007. 503 с.

28. Миськевич Т. Стан та перспективи врегулювання бурштинової проблеми в Україні // Громадська думка про правотворення. 2020. № 1 (186). С. 21–25.

29. Надрокористування та охорона довкілля. Аналіз проектів 4187 та 4187-1. URL: http://epl.org.ua/announces/nadrokorystuvannya-ta-ohorona-dovkillya-analiz

30. Надточій П. П. Еколого-економічна оцінка впливу діяльності, пов'язаної з незаконним видобуванням бурштину на стан довкілля Житомирщини // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. 2015. № 1 (1). С. 28–50.

31. Надточій П. П., Мислива Т. М. Екологічні наслідки видобування бурштину на Житомирщині. Житомир : ЖНАЕУ, 2015. 50 с.

32. Надточій П. П. та ін. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель. Житомир : Державний агроекологічний університет, 2007. 420 с. URL: http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/7371/1/Ohorona_2007_420.pdf

33. Некос А. Н., Ачасов А. Б., Кочанов Е. О. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : дистанційні методи. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2017. 244 с.

34. Пащенко В. М. Методологія ландшафтознавства. Київ : Наукова думка, 2010. 416 с.

35. Піддубний О. Ю., Лебідь І. В. Договори та дозвільне регулювання у сфері видобутку бурштину // Право. Людина. Довкілля. 2021. Т. 12, № 1. С. 109–116.

36. Плига А. Бурштинова біда Полісся // Українська правда. Життя. 2015. URL: https://life.pravda.com.ua/society/2015/06/2/194898/

37. Потіха А. Проблема видобутку бурштину: сучасний стан та перспективи вирішення // Україна: події, факти, коментарі. 2016. № 5. С. 36–44. URL: http://nbuviap.gov.ua/images/ukraine/2016/ukr5.pdf

38. Про затвердження Положення про Державну службу геології та надр України : Постанова Кабінету Міністрів України від 30.12.2015 № 1174. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1174-2015-%D0%BF#Text

39. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text

40. Про охорону і використання Клесівського родовища бурштину у Рівненській області : Розпорядження Президента України від 02.06.1992. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/98/92-%D1%80

41. Рудько Г. І., Литвинюк С. Ф. Родовища бурштину України та їх геолого-економічна оцінка. Київ–Чернівці : Букрек, 2017. 239 с.

42. Тимків М. М. Основні бурштиноносні зони Полісся та їх вплив на навколишнє середовище // Екологічні науки. 2023. С. 48-55 DOI: https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.9

43. Тимочко Т. В. Екологічні наслідки видобування бурштину та шляхи їхнього подолання // Рекультивація територій, порушених унаслідок видобування бурштину. Рівне, 2015. С. 4–5.

44. Філіпович В. Є. Оперативний контроль поширення нелегального видобутку бурштину та оцінка збитків, заподіяних державі // Екологічна безпека та природокористування. 2015. № 4. С. 91–97.

45. Філіпович В. Є. Супутниковий моніторинг територій незаконного видобутку бурштину // Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. № 6. С. 4–7. URL: https://ujrs.org.ua/ujrs/article/view/52

46. Черниш Р. Ф. Щодо окремих проблемних питань законотворчості у сфері легалізації видобутку бурштину // Особливості нормотворчих процесів в умовах адаптації законодавства України до вимог Європейського Союзу : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Херсон : Гельветика, 2016. С. 124–127.

47. Beregniak E. M., Beregniak M. F., Myronycheva O. V. et al. Ecological Analysis of the Current State of Forest Resources in Forest Steppe of Ukraine // Journal of Ecological Engineering. 2023. Vol. 24, no. 1. P. 87–96. DOI: 10.12911/22998993/155951

ДОДАТКИ

Додаток А

УДК 502.17:549.892.1

ОЦІНКА СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІ ЛАНДШАФТІВ ВНАСЛІДОК ВИДОБУВАННЯ БУРШТИНУ КЛЕСІВСЬКОГО РОДОВИЩА РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Палій Д.В., студентка 4 курсу, факультету захисту рослин, біотехнологій та екології

Бережняк Є.М., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Великі видозміни ландшафтів і значні порушення ґрунтів, їх фізичних, водно-фізичних і фізико-хімічних властивостей відбулися внаслідок видобування бурштину, де пік діяльності цього негативного явища припав якраз на середину «десятих» років [1]. Особливих змін зазнали ландшафти Рівненської області, серед яких і Клесівське родовище [2]. Слід зазначити, що актуальність дослідження зумовлена масштабною деградацією ландшафтів Полісся, спричиненою інтенсивним і неконтрольованим видобутком бурштину, що у подальшому потребує прийняття ефективних рішень та наукового підходу щодо їх моніторингу та заходів з відновлення.

У літературних джерелах знаходимо інформацію про те, що до основних порушень внаслідок видобутку бурштину відносять зміни гідрологічного і гідродинамічного режиму водоносних горизонтів, руйнування потужності ґрунтових горизонтів та їх вимивання, значні механічні порушення земель, масове їх затоплення [3]. Слід також відмітити і масове знищення деревостанів, яке відбувається при пошуках бажаних «камінців» [4]. Таким чином, унаслідок цього процесу цілісні природні ландшафти із часом перетворилися на техногенно-порушені.

Мета роботи полягала у проведенні аналізу сучасного стану порушених ландшафтів внаслідок інтенсивного видобування бурштину в останні роки на прикладі смт Клесів Рівненської області та дослідженні тих змін, які відбулися за останні десятиліття. Серед головних завдань досліджень - оцінити антропогенну трансформацію ландшафтів, визначити основні екологічні наслідки для довкілля від незаконного видобутку бурштину.

У ході дослідження ми провели ретроспективний аналіз супутникових знімків станом на сьогодні, що було 10-12 років тому і що було 40 років тому [5]. Це дозволило простежити трансформацію ландшафтів Клесівського вузла, починаючи від природного стану у восьмидесятих роках минулого століття до критично порушеного (2015-2026 рр.).

Встановлено, що до початку 1985 року територія Клесівського родовища характеризувалася цілісними лісовими масивами та стабільним гідрологічним режимом без

ознак масового антропогенного впливу. Виявлено, що пік деградації ґрунтів припадає на 2015 рік, коли зафіксовано масове формування «місячних ландшафтів» внаслідок нелегального видобутку бурштину. Згідно із статистичними даними, щільність порушень у найураженіших ділянках досягає у середньому 145-150 вирв/га, при цьому глибина розмиву становить в межах від 3,5 до 5,0 м. Окрім значних видимих порушень ґрунтів та безлічі утворених кратерів також акцентуємо увагу на суттєвому зниженні родючості ґрунтів, де вміст гумусу зменшився із природних 1,20-1,23% до критичних 0,42%, що унеможливлює природне самовідновлення екосистем. Разом з тим виявлено значні порушення гідрологічного режиму, зокрема зміну рівня ґрунтових вод, формування застійних водойм і загальну деградацію болотних екосистем. Проаналізовано, що трансформація ландшафтів має комплексний характер і включає руйнування рельєфу, ґрунтового покриву та лісових біоценозів. Встановлено, що ефективне відновлення територій можливе лише за умов комплексної рекультивації, яка поєднує технічні, хімічні та біологічні заходи впливу.

Висновки. Отримані результати свідчать про критичний рівень деградації ландшафтів у смт Клесів та його околицях, що підтверджує незворотність настання негативних екологічних наслідків для довкілля на місцевому рівні, якщо не впроваджувати розроблені державні програми з питань реабілітації техногенно порушених земель. Комплексний підхід до рекультивації є єдиною умовою відновлення екологічної рівноваги порушених територій.

Список використаних джерел:

1. Філіпович В.Є. Супутниковий моніторинг територій несанкціонованого видобутку бурштину. Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. № 6. С. 4–7.

2. Козярчук В.Е., Бережняк Є.М. Порушення ландшафтів Рівненщини внаслідок нелегального видобутку бурштину. Екологія – філософія існування людства: зб. матеріалів доп. IX міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених (м. Київ, 8–10 берез. 2023 р.). Київ, 2023. С. 35–36.

3. Environmental consequences of the adverse impact of unauthorized amber mining on forest areas of Zhytomyr region / S. Kovalevskii et al. Ukrainian Journal of Forest and Wood Science. 2021. Vol. 12, № 1. P. 57–67.

4. Ковалевський С.С. Виявлення осередків добування бурштинових копалин на території лісових масивів України. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Т. 29, № 6. С. 40–44.

Додаток Б

Участь у конкурсі студентських наукових робіт на факультеті



Студенти наукових гуртків повинні постійно брати участь у різноманітних екологічних конкурсах та ініціативах. Не стало виключенням і їх участь у конкурсі студентських наукових робіт у якому цього року брали участь 11 учасників за **спеціальністю «Екологія».** Презентували свої наукові здобутки і студенти наукового гуртка **«Екологія довкілля».**

За результатами роботи членів журі **дипломом І ступеня** було нагороджено **Дарину ПАЛІЙ, студентку 4-го курсу І групи**, яка презентувала наукову доповідь на тему «**Оцінка ступеня антропогенної трансформації ландшафтів внаслідок видобування бурштину у Рівненській області».** У роботі авторка проаналізувала сучасний стан та ті зміни порушених ландшафтів, які трапилися за останні роки через інтенсивне видобування бурштину в смт Клесів Рівненської області.

