

Бедункова О. О., д.б.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне; **Клименко В. О., здобувач третього рівня вищої освіти** (Поліський національний університет, м. Житомир, o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua; v.o.klymenko@nuwm.edu.ua)

ДІАГНОСТИКА ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ ЛІСОВИХ, АГРАРНИХ І ВОДНО-БОЛОТНИХ ЕКОСИСТЕМ, ПОШКОДЖЕНИХ НЕСАНКЦІОНОВАНИМ ВИДОБУТКОМ БУРШТИНУ

Видобуток корисних копалин несе значну загрозу стану екосистем. Особливо гостро постає проблема, якщо видобуток ведеться у несанкціонований спосіб. Так, несанкціонований видобуток бурштину на території північного заходу України призвів до деградації лісових, аграрних і водно-болотних екосистем. У світовій науці визнано, що з огляду збереження екосистемних функцій ґрунту та розробки заходів відновлення його стану, важливою є діагностика ступеня деградації ґрунту. У статті представлено результати розробки шкали оцінки деградації ґрунту, порушеного несанкціонованим видобутком бурштину. Дослідження проводились на території лісових господарств Рівненської області. Вивчались дерново-підзолисті, дерново-підзолисті оглеєні та дерново-глеєві ґрунти на різних типах екосистем. У відібраних зразках аналізували фізико-хімічні (рН сольової витяжки), агрохімічні (вміст рухомого фосфору і калію, лужногідролізований азот, вміст гумусу) та фізичні (показники щільності ґрунту, показники найменшої вологоємності) параметри. Проводилось порівняння фізичного, фізико-хімічного та агрохімічного стану ділянок, які непорушені та порушені внаслідок видобування бурштину. Проводилась нормалізація показників відповідно до їх стимулюючого чи дестимулюючого значення з подальшим агрегуванням. Одночасно проводився розрахунок середньозважених показників. Було запропоновано шкалу оцінки деградації ґрунтів лісових, аграрних і водно-болотних екосистем, пошкоджених несанкціонованим видобутком бурштину. Діагностику ґрунтів, порушених видобутком бурштину, рекомендується здійснювати за комплексом показників

унормованих у шкалу від 0 до 1 за формулами для стимуляторів і дестимуляторів з використанням кількісних і якісних ознак ступеня порушення: 1,0–0,68 – слабкопорушені; 0,68–0,48 – частково порушені; 0,48–0,19 – дуже порушені; 0,19–0 – сильнопорушені. На підставі встановленого ступеня деградації стає можливим раціональний вибір підходів до ремедіації та рекультивації ґрунтів лісових, аграрних і водно-болотних екосистем, пошкоджених несанкціонованим видобутком бурштину.

Ключові слова: деградовані ґрунти; діагностика стану ґрунту; несанкціонований видобуток бурштину; ремедіація.

Вступ. У сучасному природокористуванні відбувається нарощування проблем нераціонального поводження людини з земельними ресурсами, що призводить до антропогенної деградації ґрунту в екосистемах різних типів [1, С. 98; 2; 3]. Особливе занепокоєння викликають наслідки видобутку корисних копалин, які спричинюють як деструктивне порушення ґрунту [4], так і зміни їх фізико-хімічних характеристик [5]. Найбільш катастрофічна ситуація складається в районах несанкціонованого видобутку бурштину [6], що за даними Держлісагентства України, позначилось на екологічному стані 3,5 тис. га земель [7] та вивело їх з господарського використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з причин деградації може бути проведення земляних робіт, які призводять до порушення верхнього родючого шару ґрунту. Відповідно до ДСТУ 7875:2015 [8], де визначено головні принципи екологічного нормування антропогенного навантаження на ґрунти й ґрунтовий покрив земель різного цільового призначення, ціль і завдання екологічного нормування, методичні підходи тощо, після проведення земельних робіт обов'язково повинна проводитися рекультивація порушених земель. Крім того, у Земельному Кодексі України статтею 166 визначено, що «землі, які зазнали змін у структурі рельєфу, екологічному стані ґрунтів і материнських порід та у гідрологічному режимі внаслідок проведення гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт, підлягають рекультивації» [9]. Етап рекультивації передбачає планування, зняття та нанесення родючого шару ґрунту, а також проведення інших робіт, які створюють необхідні умови для подальшого використання рекультивованих земель за цільовим призначенням або для проведення заходів щодо відновлення родючості ґрунтів для

можливості їх наступного ефективного господарського використання.

Для боротьби з деградацією насамперед потрібна достовірна інформація про стан ґрунтів та їх якісна діагностика [10], тому дослідження впливу земельних робіт на фізичні та агрохімічні характеристики ґрунту мають широкий практичний та науковий інтерес.

Повідомляється, що деформація землі спричинює вертикальну втрату дрібних глинистих часток і таким чином призводить до більш грубої текстури порівняно з природними ґрунтами, а також до втрати поживних речовин у ґрунті через посилення просочування води за появи значного відсотка макропор [11]. Видобуток корисних копалин знищує верхній шар ґрунту та призводить до втрати підстилки, яка є важливим місцем зберігання та обміну такими поживними речовинами, як азот (N), фосфор (P) і калій (K) [12]. Отже, здатність утримувати поживні речовини різко знижується після порушення гірничих робіт.

Водночас такі порушення змінюють структуру ґрунтових мікробних угруповань, призводячи до сукцесій у їх співтовариствах, при чому ступінь і тривалість сукцесійних змін залежать від інтенсивності, частоти та тривалості порушень і зрештою визначає стійкість всієї екосистеми [13].

Розуміння структурних зрушень ґрунтового покриву після змін у землекористуванні має вирішальне значення для коригування методів управління та збереження, а також для покращення функцій та послуг ґрунту. Останнім часом увага приділяється визначенню відповідних індексів якості ґрунту та індексів деградації для оцінки сталого використання ґрунтових ресурсів [3]. Для відстеження інтенсивності деградації ґрунтів використовуються й такі методи, як картування ґрунту та експериментальні набори, динамічні моделі ґрунтової якості та геостатистичні підходи, машинне прогнозування та нейронні мережі [14–16].

Як правило, при таких підходах статистично вибирається набір характеристик ґрунту, що піддаються вимірюванню, і процесів, які потім математично інтегруються в числове значення для оцінки функцій ґрунту та стійкості екосистеми при різних методах управління і типах землекористування [16]. Через те, що більшість властивостей ґрунту часто взаємозалежні та по-різному реагують або чутливі до порушень чи методів керування ґрунтом, важливим є встановлення мінімального набору даних, що містить ключові

показники якості ґрунту [17; 18]. Іншими словами, індикатори, вибрані для діагностики якості та деградації ґрунту, повинні бути чутливими, щоб точно вимірювати короткострокові зміни у його функціонуванні та повинні бути простими, недорогими і такими, що швидко піддаються кількісній оцінці.

Існує дві основні стратегії, що використовуються для аналізу деградації земель – кластеризація та класифікація. Для встановлення категорій типів деградації ґрунту, використання цих підходів дозволяє згрупувати дані за вмістом поживних речовин у ґрунті та деякими іншими характеристиками разом, для подальшого виявлення схожих варіацій та можливості отримання уявлення про ступінь деградації [19; 20].

Однак взаємозв'язок між типом землекористування та поживними речовинами у ґрунті при різних рівнях порушення при видобутку різних видів корисних копалин залишається неясним, а механізм, що визначає варіації деградації ґрунту повністю не класифікований [21]. Тому вкрай важливо аналізувати стан деградованого ґрунту, окремо для кожного типу землекористування, зокрема і при видобутку таких корисних копалин, як бурштин. Очевидно, що це сприятиме створенню ефективної основи для збереження родючості ґрунту та точного вибору чи коригування типів землекористування у деградованих ландшафтах.

Мета, завдання та методики проведення досліджень. Метою наших досліджень була розробка оціночної шкали для діагностики деградації ґрунтів лісових, аграрних і водно-болотних екосистем, пошкоджених несанкціонованим видобутком бурштину.

Територія проведення наших досліджень належить до західної частини Українського Полісся та знаходиться у межах адміністративних районів Рівненської області, що характеризується помірно-континентальним кліматом з достатньою кількістю річних опадів та переважанням західних і південно-західних вітрів. Безпосередні ділянки проведення досліджень, зокрема відбору ґрунтових зразків для проведення лабораторного аналізу їх характеристик, знаходились на території ДП «Клесівське лісове господарство» та ДП «Березнівське лісове господарство». У межах досліджуваних земельних ділянок переважаючими типами є дерново-підзолисті, дерново-підзолисті оглеєні та дерново-глеєві ґрунти.

Зразки відбирали на непорушених ділянках та на різних глибинах проведення земельних робіт через рівні інтервали, що

залежали від площі кожної ділянки методом точкових проб за допомогою механічного бура, відповідно до ДСТУ ISO 10381-4:2005 [22]. Загальна кількість точкових проб на кожній ділянці становила від 10 до 15 шт., з яких методом «конверта» формували об'єднану пробу з масою щонайменше 500 г.

У структурі загальної методології оцінки стану ґрунтів, порушених несанкціонованим видобутком бурштину, аналіз показників та діагностику оцінки ґрунту проводили за набором параметрів: фізико-хімічні (рН сольової витяжки), агрохімічні (вміст рухомого фосфору і калію, лужногідролізований азот, вміст гумусу) та фізичні (показники щільності ґрунту, показники найменшої вологоємкості). Аналізи проводили в акредитованій лабораторії Рівненської філії Державної установи «Інститут охорони ґрунтів».

Оскільки відібрані для оцінки станів порушених земель показники мали різну розмірність, проводили їх нормалізацію шляхом переведення в масштаб від 0 до 1, за формулами:

- для стимуляторів:

$$X_1 = \frac{N_1 - N_{(\min)}}{N_{(\max)} - N_{(\min)}}; \quad (1)$$

- для дестимуляторів:

$$X_2 = \frac{N_{(\max)} - N_i}{N_{(\max)} - N_{(\min)}}, \quad (2)$$

де X_1 , X_2 – нормативні значення показників стимуляторів і дестимуляторів, одн.; $N_{(\max)}$ стимулятори і $N_{(\min)}$ дестимулятори – найвищі показники стану порушених земель (фактичні показники); N_i – значення фактичних показників, які визначають стан порушених земель на момент їх оцінки.

При встановленні значень еталонів серед показників стимуляторів обирали максимальні значення, а показників дестимуляторів – мінімальні.

Одночасно досліджувалась потреба у розрахунку середньозважених показників, у тому числі кислотності територій (лісових насаджень, орних земель, водно-болотних угідь), пошкоджених несанкціонованим видобутком бурштину, і тих ділянок, які не зазнали ушкоджень. Для розрахунків середньозважених показників на прикладі кислотності рН (KCl) використовували залежність:

$$x = \frac{(S_1 \cdot pH_1) + (S_2 \cdot pH_2)}{S_1 + S_2}, \quad (3)$$

де x – середньозважений показник кислотності, од.; S_1 – площа ділянки непошкоджена при видобутку бурштину, га; S_2 – площа пошкоджена при несанкціонованому видобутку бурштину, га; pH_1 – показник кислотності на неушкоджених ділянках, од.; pH_2 – показник кислотності на ділянках (краї ям, лунок, кратерів), пошкоджених при несанкціонованому видобутку бурштину, од.

Розрахунок інтегрованого стану показників, який дозволив встановити ступінь деградації ґрунту, проводили за формулою:

$$I_d = \frac{1}{n} \sum_{m_i=1}^m x_j = \frac{X_1 + X_2 \dots X_n}{n} \quad (4)$$

з наступним ранжуванням за такими значеннями: 1,0–0,6835 слабодеградовані; 0,6835–0,4851 частково деградовані; 0,4851–0,1902 – дуже деградовані; 0,1902–0 сильнодеградовані. Відповідно до встановленого ступеня деградації проводилось обґрунтування технологій, механізмів та інструментів ремедіації і рекультивації ґрунтів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Досліджувані ґрунти характеризуються за показником рН(KCl) від 5,1 до 5,5 слабокислою, а від 5,6 до 6,0 близькою до нейтральної ступенями оглеєності. Дернові глеєві ґрунти характеризуються значно меншою кислотністю у порівнянні з дерново-підзолистими ґрунтами (табл. 1).

Таблиця 1

Фізико-хімічні, агрохімічні, водно-фізичні властивості досліджуваних ґрунтів (непорушені)

Показники	Дерново-підзолисті супіщані			Дерново-підзолисті оглеєні			Дернові глеєві		
	Генетичні горизонти								
	HE	E(h)	Pl	HE	Egl	lgl	H	Hpgl	Pgl
Фізико-хімічні властивості									
Шари ґрунту	0–17	21–30	120–135	0,19	0,24–0,34	52–60	3–10	30–40	69–85
рН(KCl)	5,4	5,5	5,4	5,4	5,5	5,4	5,6	5,8	5,9
Сума відібр. катіонів, мг-екв/100 г ґрунту	3,62	2,70	5,80	1,50	1,30	4,10	24,1	17,0	20,9
Гідролітична кислотн., мг-екв/100г ґрунту	2,72	1,12	1,0	2,48	1,65	1,85	1,82	1,69	1,0
Ступінь насичення основами, %	57	71	85	38	44	69	93	91	95

продовження табл. 1

Агрохімічні властивості									
Вміст гумусу, %	0,87	0,13	0,01	0,95	0,20	0,07	2,5	1,7	0,09
Вміст рухомих сполук макроелементів, мг/кг ґрунту									
Nг	62	42	12	47	31	8	92	52	28
P ₂ O ₅	46	21	11	52	48	10	70	68	20
K ₂ O	14	10	8	48	20	8	20	18	10
Фізичні й водно-фізичні властивості									
Щільність ґрунту, г/см ³	1,47	1,62	1,65	1,34	1,43	1,51	1,53	1,52	1,50
Загальна пористість, %	43,7	39,2	37,4	49,0	47,0	43,8	42,5	44,0	44,7
Повна вологоємність, %	29,6	24,2	22,5	36,6	32,8	29,2	27,8	28,9	29,9
Найменша вологоємність, %	23,68	19,36	18,0	29,28	26,24	15,36	22,24	23,12	23,92

Дерново-підзолисті та дернові глеєві ґрунти за величинами гідролітичної кислотності належать до середньоокислих, відповідно 2,48 і 2,72, та слабкоокислих 1,82 – дерново-глеєві. З глибиною величини гідролітичної кислотності як у дерново-підзолистих, так і дернових глеєвих ґрунтах суттєво зменшується, що обумовлюється різним вмістом у нижніх горизонтах цих ґрунтів сум увібраних основ та їх ємністю поглинання.

Досліджувані ґрунти за ступенем забезпечення сумою увібраних основ змінюються від дуже низького до високого (від 1,3 до 24,1 мг-екв/ 100 г ґрунту). Має місце зменшення вмісту суми увібраних основ у середніх горизонтах ґрунтового профілю. При цьому слід зазначити, що дерново-підзолисті супіщані і дерново-підзолисті оглеєні ґрунти характеризуються дуже низьким ступенем забезпеченості суми увібраних основ (1 група забезпеченості 5,0 мг-екв/100 г ґрунту, яка зростає у нижніх горизонтах до значень 5,8 і 4,1 мг-екв/100 г ґрунту. Дернові глеєві ґрунти навпаки характеризуються підвищеним вмістом суми увібраних основ 24,1 мг-екв/100 г ґрунту, що відповідає 5 групі високого ступеня забезпеченості, а у нижніх горизонтах від 17,0 до 20,9 мг-екв/100 г ґрунту, що відповідає 4 групі підвищеного забезпечення (15,1–20 мг-екв/100 г ґрунту).

За показниками ступеня насиченості основами досліджувані ґрунти, непорушені видобутком бурштину, від 57 до 38% у верхніх

горизонтах дерново-підзолистих супіщаних і дерново-підзолистих оглеєних ґрунтах при вирощуванні лісових культур не потребують вапнування, а при вирощуванні сільськогосподарських культур потреба їх у вапнуванні оцінюється до 50% як дуже велика, а при 50–60% як велика.

Враховуючи відсутність єдиного універсального підходу до формування методики діагностики стану екосистем, порушених несанкціонованим видобутком бурштину, на основі узагальнення методичного матеріалу вітчизняних і зарубіжних вчених, щодо оцінки екологічної ситуації, рівня забруднення довкілля, антропогенного впливу на довкілля, діагностики екологічної безпеки регіону, нами було запропоновано методику діагностики стану порушення екосистем внаслідок несанкціонованого видобутку бурштину. Основними завданнями діагностики є: визначення та аналіз якісних і кількісних показників, які характеризують стан порушених екосистем; визначення інтегрального показника, який характеризує стан лісних, аграрних, водно-болотних екосистем, порушених несанкціонованим видобутком бурштину; формування висновків про стан порушених екосистем.

Отже, зростання кислотності ґрунтів за середньозваженим показником під впливом антропогенного фактору (несанкціонованого видобутку бурштину) слід оцінювати як факт прояву деградаційного процесу (табл. 2).

Таблиця 2

Шкала розмежування антропогенного фактору впливу рН на стан екосистем, порушених несанкціонованим видобутком бурштину

Критерії	Слабко-деградовані	Частково-деградовані	Дуже-деградовані	Сильно-деградовані
Показники кислотності, од. рН(KCl)	7,0–5,72	5,72–4,92	4,92–3,76	3,76–3,0
Шкала кількісної оцінки	1,0–0,68	0,68–0,48	0,48–0,19	0,19–0,0
Дія дестимулятора	Дуже незначна	Потенційно зростаюча	Реальна, значна	Реальна, дуже значна
Можливість відновлення	Потреба у вапнуванні відсутня	Середня для с/г культур	Підвищена для с/г культур	Велика потреба для с/г культур
Оцінка за шкалою кислотності	Нейтральні і близькі до нейтральних	Слабокислі	Середньо- і сильнокислі	Дуже сильнокислі

Як видно з табл. 2, дія дестимулятора проявляється в тому, що параметри екосистеми (показник рН(KCl)) ще перебувають в межах 6–7 одиниць. Тому можна стверджувати, що дія антропогенного фактору є дуже незначною, а коли цей показник опускається до значень 5–4 одиниць то його дія на екосистему зростає до реальної і значної.

Серйозну небезпеку для ґрунтового покриву порушеного несанкціонованим видобутком бурштину становить агрохімічна деградація, тобто збіднення ґрунтів на вміст гумусу (табл. 3) і макроелементів (табл. 4).

При несанкціонованому видобутку бурштину зміна вмісту гумусу на порушених площах видобутку відбувається в короткий відрізок часу. Ці зміни відбуваються внаслідок винесення на поверхню материнських і підстилаючих порід з майже нульовим вмістом гумусу. Цей шар ґрунту формує в місцях розкопів і розломів бровку, яка покриває шаром 10–30 см гумусово-елювіальний горизонт дерново-підзолистих ґрунтів під лісовими насадженнями, орних земель, водно-болотних угідь.

Ми пропонуємо родючість ґрунтів, порушених несанкціонованим видобутком бурштину, оцінювати за кількісними і якісними показниками вмісту середньозважених значень вмісту в цих ґрунтах легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію.

Таблиця 3

Шкала розмежування антропогенного фактору впливу вмісту гумусу на стан екосистем, порушених несанкціонованим видобутком бурштину

Критерії	Слабко-деградовані	Частково деградовані	Дуже деградовані	Сильно-деградовані
Вміст гумусу, %	2,5–1,7	1,7–1,3	1,3–0,48	0,48–0,0
Шкала кількісної оцінки	1,0–0,68	0,68–0,48	0,48–0,19	0,19–0,0
Дія дестимулятора	Дуже незначна	Потенційно зростаюча	Реальна, значна	Реальна, дуже значна
Можливість відновлення	Потребує підтримання вмісту гумусу	Потребує підвищення вмісту гумусу	Потребує підвищення вмісту гумусу	Гостра потреба у підвищенні вмісту гумусу
Оцінка за шкалою вмісту гумусу, %	Підвищений	Низький	Дуже низький	Дуже низький

Таблиця 4

Шкала розмежування антропогенного фактору впливу вмісту легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору і обмінного калію на стан екосистем, порушених несанкціонованим видобутком бурштину

Критерії		Слабко-деградовані	Частково деградовані	Дуже деградовані	Сильно-деградовані
Показники вмісту лужногідролізованого азоту (N), рухомого фосфору (P), обмінного калію (K), мг/кг	N	200–136	136–96	96–38	38–0
	P	160–109	109–77	77–30	30–0
	K	200–136	136–96	96–38	38–0
Шкала кількісної оцінки		1,0–0,68	0,68–0,48	0,48–0,19	0,19–0,0
Дія фактора		Дуже незначна	Потенційно зростаюча	Реальна, значна	Реальна, дуже значна
Можливість відновлення		Покращення не потребує	Покращення не потребує	Підвищення показника для окремих культур	Підвищення показника для окремих культур
Оцінка за шкалою стану		Еталонний	Погіршений	Погіршений	Сильно погіршений

Таблиця 5

Шкала розмежування антропогенного фактору впливу фізичних властивостей ґрунту на стан екосистем, порушених несанкціонованим видобутком бурштину

Критерії	Слабко-деградовані	Частково деградовані	Дуже деградовані	Сильно-деградовані
Показники щільності ґрунту, г/см ³	1,1–1,39	1,39–1,57	1,57–1,83	1,83–2,0
Показники найменшої вологоємності, %	20–16,8	16,8–14,8	14,8–11,9	11,9–10,0
Шкала кількісної оцінки	1,0–0,68	0,68–0,48	0,48–0,19	0,19–0,0
Дія фактора	Дуже незначна	Потенційно зростаюча	Реальна, значна	Реальна, дуже значна

продовження табл. 5

Можливість відновлення	Регулювання не потребує	Регулювання не потребує	Потребує покращення для окремих культур	Потребує покращення для окремих культур
Оцінка за шкалою стану	Еталонний	Еталонний	Погіршений	Погіршений

Так, при плануванні заходів ремедіації варто брати до уваги, що за умов, коли ґрунти порушених ділянок несанкціонованим видобутком бурштину будуть характеризуватися величинами середньозважених показників найменшої вологоємності (НВ) у діапазоні від 15% і вище, то на цій території будуть формуватися сприятливі умови для: природного лісопоновлення свіжих борів, суборів $A_2 B_2$ і вологих борів і суборів $A_3 B_3$; вирощування зернових культур, картоплі; створення високопродуктивних луків і пасовищ. У випадках зниження у ґрунтах величин НВ нижче 15% навпаки будуть погіршуватися умови природного лісопоновлення і на порушених ділянках можливе лише формування сухих $A_1 B_1$, найсухіших $A_0 B_0$ борів та суборів, а при сільськогосподарському використанні цих ділянок виникне потреба у покращенні їх водного режиму шляхом збільшення акумуляції вологи у кореневмісному шарі ґрунту, або за рахунок краплинного чи звичайного зрошення (дощового).

При проведенні оцінок стану природних водно-болотних угідь (ВБУ), змінених під час несанкціонованого видобутку бурштину, ми рекомендуємо додатково враховувати показник тривалості затоплення їх поверхні та показник глибини стояння води на поверхні ґрунтів (табл. 6).

Таблиця 6

Шкала розмежування антропогенного фактору впливу затоплення поверхні ґрунту на стан екосистем водно-болотних угідь

Критерії	Слабко-деградовані	Частково деградовані	Дуже деградовані	Сильно-деградовані
Показник затоплення поверхні, місяців	<5,7	5,7–9,4	9,4–14,5	>14,5
Показник глибини стояння води на поверхні ґрунтів, м	>0,96	0,96–1,56	1,56–2,43	>2,43

продовження табл. 6

Шкала кількісної оцінки	1,0–0,68	0,68–0,48	0,48–0,19	0,19–0,0
Дія фактора	Дуже незначна	Потенційно зростаюча	Реальна, значна	Реальна, дуже значна
Можливість відновлення	Регулювання не потребують	Регулювання не потребують	Потрібна зміна статусу ВБУ	Потрібна зміна статусу ВБУ
Оцінка за шкалою, місяці *	< 3	4–6	7–12	13>18

*Примітка: показник ступеня деградації ґрунтів за шкалою [23].

Так, наприклад, за умов коли водно-болотні угіддя після пошкодження видобутком бурштину мають період затоплення, що не перевищує 9,4 місяці їх стан оцінюється категоріями слабо- і частково деградованими, а при більш тривалому затопленні від 9,4 місяці та більше категоріями – дуже і сильнодеградованими. Якщо водно-болотні угіддя після пошкодження видобутком бурштину мають глибину затоплення на період до 9,4 місяці та глибину до 1,56 м, вони можуть функціонувати як болота з відновленням водної рослинності. Якщо тривалість затоплення буде перевищувати 9,4 місяці, а глибина затоплення поверхонь водно-болотних угідь буде перевищувати 1,56 м і більше, то на таких ділянках доцільно буде облаштовувати пожежні водойми. Також на сильнодеградованих ділянках доцільно проєктувати і будувати стави для вирощування риби, або водойм рекреаційного призначення.

Слід зазначити, що причинами надлишкового зволоження ґрунтів можуть бути не лише наслідки несанкціонованого видобутку бурштину, але і атмосферні опади, які надходять до понижених ділянок, напірні води, які надходять знизу через «вікна» (розмиви), що необхідно брати до уваги в кожному конкретному випадку.

Висновки. Несанкціонований видобуток бурштину спричинює погіршення складу, властивостей, режимів і процесів, що протікають в ґрунтах та здатен призводити до їх деградації. Основними типами деградації ґрунтового покриву, при несанкціонованому видобутку бурштину на землях лісового фонду, сільськогосподарських землях, землях водно-болотних угідь є: фізична деградація (перемішування шарів, переущільнення, злитість, дезагрегація тощо); виснаження (дегуміфікація, підкислення, оглеєння); ерозія (змитість, намитість,

розмитість); дефляція (засипання ям, кратерів тощо); вторинне підтоплення, заболочення, затоплення, забруднення органічними рештками, нафтопродуктами.

Діагностику станів екосистем порушених несанкціонованим видобутком бурштину рекомендується здійснювати за комплексом показників унормованих у шкалу від 0 до 1 за формулами для стимуляторів і дестимуляторів з використанням кількісних і якісних ознак ступеня порушення 1,0–0,68 – слабкопорушені; 0,68–0,48 – частково порушені; 0,48–0,19 – дуже порушені; 0,19–0 – сильнопорушені. На підставі встановленого ступеня деградації стає можливим раціональний вибір підходів до ремедіації та рекультивації ґрунтів лісових, аграрних і водно-болотних екосистем, пошкоджених несанкціонованим видобутком бурштину.

1. Navarrete A. A., Aburto F., González-Rocha G., Guzmán C. M., Schmidt R., Scow K. Anthropogenic degradation alter surface soil biogeochemical pools and microbial communities in an Andean temperate forest. *Science of The Total Environment*. 2022. P. 158508.
2. Геоекологія Львівської області : монографія / Ю. Андрейчук, Л. Безручко, В. Біланюк та ін. / за заг. ред. Є. Іванова. Львів : Простір-М, 2021. 606 с.
3. Zahedifar M. Assessing alteration of soil quality, degradation, and resistance indices under different land uses through network and factor analysis. *CATENA*. 2023. Vol. 222. P. 106807.
4. Moomen A. W., Dewan A. Assessing the spatial relationships between mining and land degradation: evidence from Ghana. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2016. Vol. 31. No. 7. P. 505–518.
5. Guo X. M., Zhao T. Q., Chang W. K., Xiao C. Y., He Y. X. Evaluating the effect of coal mining subsidence on the agricultural soil quality using principal component analysis. *Chilean journal of agricultural research*. 2018. Vol. 78. No. 2. P. 173–182.
6. Ковалевський С. Б., Марчук Ю. М., Маєвський К. В., Курдюк О. М. Бурштин на території Українського Полісся: утворення, видобуток, наслідки. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2017. № 13. 16 с. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/9528/87377> (дата звернення: 18.11.2022).
7. Державне агентство лісових ресурсів України. Офіційний сайт. URL: <https://forest.gov.ua/> (дата звернення: 24.11.2022).
8. ДСТУ 7875:2015. Охорона ґрунтів. Екологічне нормування антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив. Основні положення. Технічний комітет стандартизації «Ґрунтознавство» (ТК 142) від 22.06.2015. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62757 (дата звернення: 19.11.2022).
9. Земельний кодекс України: чинне законодавство зі змінами та допов. станом на 18.10.2022 р. К. : ПАЛИВОДА А. В., 2022.

184 с. **10.** Z. Li et al. Rapid diagnosis of agricultural soil health: A novel soil health index based on natural soil productivity and human management. *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 277. P. 111402. **11.** Zhen Q., Ma W., Li M., He H., Zhang X., Wang Y. Reprint of "Effects of vegetation and physicochemical properties on solute transport in reclaimed soil at an opencast coal mine site on the Loess Plateau, China". *CATENA*. 2017. Vol. 148. P. 17–25. **12.** Ma K., Zhang Y., Ruan M., Guo J., Chai T. Land Subsidence in a Coal Mining Area Reduced Soil Fertility and Led to Soil Degradation in Arid and Semi-Arid Regions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16, no. 20. P. 3929. **13.** Anderson T.-H. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2003. Vol. 98. No. 1–3. P. 285–293. **14.** Ditzler C. A., Tugel A. J. Soil Quality Field Tools. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94. No. 1. P. 33–38. **15.** Moosavi A. A., Sepaskhah A. Artificial neural networks for predicting unsaturated soil hydraulic characteristics at different applied tensions. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2012. Vol. 58. No. 2. P. 125–153. **16.** Raiesi F., Beheshti A. Evaluating forest soil quality after deforestation and loss of ecosystem services using network analysis and factor analysis techniques. *CATENA*. 2022. Vol. 208. P. 105778. **17.** Karaca S., Dengiz O., Demirağ T., Özkan B. et al. An assessment of pasture soils quality based on multi-indicator weighting approaches in semi-arid ecosystem. *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 121. P. 107001. **18.** Davari M., Gholami L., Nabiollahi K., Homaei M. et al. Deforestation and cultivation of sparse forest impacts on soil quality (case study: West Iran, Baneh). *Soil and Tillage Research*. 2020. Vol. 198. P. 104504. **19.** Sirsat M. S., Cernadas E., Fernández-Delgado M., Khan R. Classification of agricultural soil parameters in India. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 135. P. 269–279. **20.** Ogen Y., Zaluda J., Francos N., Goldshleger N., et al. Cluster-based spectral models for a robust assessment of soil properties. *Geoderma*. 2019. Vol. 340. P. 175–184. **21.** Wang Z., Wang G., Ren T., Wang H. et al. Assessment of soil fertility degradation affected by mining disturbance and land use in a coalfield via machine learning. *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 125. P. 107608. **22.** ДСТУ ISO 10381-4:2005. Якість ґрунту. Відбирання проб. *Настанови щодо процедури дослідження природних, майже природних та оброблюваних ділянок (ISO 10381-4:2003, IDT)*. Київ : Держспоживстандарт України. 2007. Ч. 4. 16 с. **23.** Тихоненко Д. Г., Горін М. О., Лактіонов М. І. Ґрунтознавство : підручник. Київ : Вища освіта, 2005. 703 с.

REFERENCES:

1. Navarrete A. A., Aburto F., González-Rocha G., Guzmán C. M., Schmidt R., Scow K. Anthropogenic degradation alter surface soil biogeochemical pools

and microbial communities in an Andean temperate forest. *Science of The Total Environment*. 2022. P. 158508. **2.** Heoekolohiia Lvivskoi oblasti : monohrafiia / Yu. Andreichuk, L. Bezruchko, V. Bilaniuk ta in. / za zah. red. Ye. Ivanova. Lviv : Prostir-M, 2021. 606 s. **3.** Zahedifar M. Assessing alteration of soil quality, degradation, and resistance indices under different land uses through network and factor analysis. *CATENA*. 2023. Vol. 222. P. 106807. **4.** Moomen A. W., Dewan A. Assessing the spatial relationships between mining and land degradation: evidence from Ghana. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2016. Vol. 31. No. 7. P. 505–518. **5.** Guo X. M., Zhao T. Q., Chang W. K., Xiao C. Y., He Y. X. Evaluating the effect of coal mining subsidence on the agricultural soil quality using principal component analysis. *Chilean journal of agricultural research*. 2018. Vol. 78. No. 2. P. 173–182. **6.** Kovalevskiy S. B., Marchuk Yu. M., Maievskiy K. V., Kurdiuk O. M. Burshtyn na terytorii Ukrainskoho Polissia: utvorennia, vydobutok, naslidky. *Lisove i sadovo-parkove hospodarstvo*. 2017. № 13. 16 s. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/9528/87377> (data zvernennia: 18.11.2022). **7.** Derzhavne ahentstvo lisovykh resursiv Ukrainy. Ofitsiynyi sait. URL: <https://forest.gov.ua/> (data zvernennia: 24.11.2022). **8.** DSTU 7875:2015. Okhorona gruntiv. Ekolohichne normuvannia antropohennoho navantazhennia na gruntovyi pokryv. Osnovni polozhennia. Tekhnichniy komitet standartyzatsii «Gruntoznavstvo» (TK 142) vid 22.06.2015. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62757 (data zvernennia: 19.11.2022). **9.** Zemelnyi kodeks Ukrainy: chynne zakonodavstvo zi zminamy ta dopov. stanom na 18.10.2022 r. K. : PALYVODA A. V., 2022. 184 s. **10.** Z. Li et al. Rapid diagnosis of agricultural soil health: A novel soil health index based on natural soil productivity and human management. *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 277. P. 111402. **11.** Zhen Q., Ma W., Li M., He H., Zhang X., Wang Y. Reprint of “Effects of vegetation and physicochemical properties on solute transport in reclaimed soil at an opencast coal mine site on the Loess Plateau, China”. *CATENA*. 2017. Vol. 148. P. 17–25. **12.** Ma K., Zhang Y., Ruan M., Guo J., Chai T. Land Subsidence in a Coal Mining Area Reduced Soil Fertility and Led to Soil Degradation in Arid and Semi-Arid Regions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16, no. 20. P. 3929. **13.** Anderson T.-H. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2003. Vol. 98. No. 1–3. P. 285–293. **14.** Ditzler C. A., Tugel A. J. Soil Quality Field Tools. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94. No. 1. P. 33–38. **15.** Moosavi A. A., Sepaskhah A. Artificial neural networks for predicting unsaturated soil hydraulic characteristics at different applied tensions. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2012. Vol. 58. No. 2. P. 125–153. **16.** Raiesi F., Beheshti A. Evaluating forest soil quality after deforestation and loss of ecosystem services using network analysis and factor analysis

techniques. *CATENA*. 2022. Vol. 208. P. 105778. **17.** Karaca S., Dengiz O., Demirağ T., Özkan B. et al. An assessment of pasture soils quality based on multi-indicator weighting approaches in semi-arid ecosystem. *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 121. P. 107001. **18.** Davari M., Gholami L., Nabiollahi K., Homae M. et al. Deforestation and cultivation of sparse forest impacts on soil quality (case study: West Iran, Baneh). *Soil and Tillage Research*. 2020. Vol. 198. P. 104504. **19.** Sirsat M. S., Cernadas E., Fernández-Delgado M., Khan R. Classification of agricultural soil parameters in India. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 135. P. 269–279. **20.** Ogen Y., Zaluda J., Francos N., Goldshleger N., et al. Cluster-based spectral models for a robust assessment of soil properties. *Geoderma*. 2019. Vol. 340. P. 175–184. **21.** Wang Z., Wang G., Ren T., Wang H. et al. Assessment of soil fertility degradation affected by mining disturbance and land use in a coalfield via machine learning. *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 125. P. 107608. **22.** DSTU ISO 10381-4:2005. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob. *Nastanovy shchodo protsedury doslidzhennia pryrodnykh, maizhe pryrodnykh ta obroblivanykh dilianok* (ISO 10381-4:2003, IDT). Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 2007. Ch. 4. 16 s. **23.** Tykhonenko D. H., Horin M. O., Laktionov M. I. Gruntoznavstvo : pidruchnyk. Kyiv : Vyshcha osvita, 2005. 703 s.

Biedunkova O. O., Doctor of Biological Science, Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne),

Klymenko V. O., Post-graduate Student (Polissia National University)

DIAGNOSTICS OF SOIL DEGRADATION OF FOREST, AGRICULTURAL AND WETLAND ECOSYSTEMS DAMAGED BY UNAUTHORIZED AMBER MINING

Mining poses a significant threat to the state of ecosystems. The problem becomes a major concern if mining is conducted in an illegal manner. Thus, the unauthorized extraction of amber in the territory of north-western Ukraine led to the degradation of forest, agricultural and wetland ecosystems. In world science, it is recognized that in view of preserving the ecosystem functions of the soil and developing measures to restore its condition, it is important to diagnose the degree of soil degradation. The article presents the results of the development of a scale for assessing soil degradation disturbed by unauthorized amber mining. Research was conducted on the territory of forestry enterprises of the Rivne region. Turf-podzolic, turf-podzolic gleyed and turf-gley soils on different types of ecosystems were

studied. The selected samples were analysed for physico-chemical (pH of salt extract), agrochemical (mobile phosphorus content, potassium content, alkaline hydrolysed nitrogen, humus content) and physical (soil density indicators, minimum moisture capacity indicators) parameters. A comparison of the physical, physico-chemical, and agrochemical conditions of undisturbed and disturbed areas due to amber mining was carried out. Indicators were normalized according to their stimulating or unstimulating value with further aggregation. At the same time, the weighted average indicators were calculated. We proposed a scale to assess soil degradation of forest, agricultural and wetland ecosystems damaged by unauthorized amber mining. It is recommended to diagnose soils disturbed by amber mining using a set of indicators normalized on a scale from 0 to 1 using formulas for stimulators and destimulators using quantitative and qualitative signs of the degree of disturbance: 1.0–0.68 – slightly disturbed; 0.68–0.48 – partially broken; 0.48–0.19 – very disturbed; 0.19–0 – strongly disturbed. Based on the established degree of degradation, it becomes possible to rationally choose approaches to the remediation and reclamation of the soils of forest, agricultural and wetland ecosystems damaged by unauthorized amber mining.

Keywords: degraded soils; diagnosis of soil condition; unauthorized amber mining; remediation.