

УДК 911.9:620.91

DOI <https://doi.org/10.32782/geotech2024.38.10>

Ямелинець Т.С.

Ямелинець Т.С., доктор географічних наук, професор кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка, ORCID 0000-0002-7058-0931, Taras.Yamelynets@lnu.edu.ua

БІОЕНЕРГЕТИКА НА ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТАХ ГІРСЬКОЇ ЧАСТИНИ ЛЬВІВЩИНИ: ПОТЕНЦІАЛ І ВИКЛИКИ

У статті проаналізовано потенціал та виклики в розвитку біоенергетики на деградованих ґрунтах у гірській частині Львівської області. Збільшення потужності відновлюваних джерел енергії є однією із стратегічних цілей України в досягненні енергетичної незалежності та кліматичної нейтральності. Одним із таких напрямів є біоенергетика, для потреб якої можна використовувати деградовані та малопродуктивні ґрунти. Через значну деградацію ґрунтів велика частка земель стала непридатною для ведення сільського господарства. Саме тому на таких землях можна вирощувати біоенергетичні культури. До таких біоенергетичних культур належать: енергетична верба, тополя (*Populus L.*), чорна акація (*Acacia melanophylon R.Br.*), міскантус гігантський (*Miscanthus x longiberbis (Hack.) Nakai*), просо прутівидне (світчграс) (*Panicum virgatum L.*) тощо. Для кожної біоенергетичної культури характерні свої сприятливі умови для вирощування. Зокрема, сприятливими для вирощування біоенергетичних культур вважаються умови з річною кількістю опадів менше за 650 мм на рік та середньорічною температурою понад +6 °C. Потенціал розвитку біоенергетики розглянуто на прикладі гірської частини Львівської області. За схемою агроґрунтового районування Львівської області гірська частина розташована в Карпатській гірській лісо-лучній (буроземній) зоні, у межах якої виділяють такі агроґрунтові райони: Старосамбірський, Турківський, Воловецький і Підполонинський. Площа буроземів гірсько-лісових у межах Львівської області становить 181,1 тис. га, або 8,3% від всієї площі області. Для цих ґрунтів характерним є низький запас гумусу. Показник рН становить від 2,8 до 4,6. Такі кислотно-основні властивості є досить сприятливими для вирощування біоенергетичних культур. Відзначимо, що значна частина буроземів зазнала деградації через вирубування лісів.

Лімітуючими факторами для вирощування біоенергетичних культур у межах Українських Карпат є крутизна схилів, оскільки значна частка схилів не придатні для вирощування чорної акації, міскантуса та світчграсу через високу крутизну, яка подекуди може перевищувати 15 %. Цей чинник не є обмежувальним для енергетичної верби й тополі. Проте в регіоні несприятливі умови для їх вирощування, оскільки встановлено, що для вирощування плантацій тополі й енергетичної верби потрібен вологий, багатий на гумус, добре дренажований супіщаний або суглинковий ґрунт. Показник рН має бути в межах 5–7. Загальний азот – мінімум 15,0 мг/100 г ґрунту.

Проаналізувавши перспективи вирощування біоенергетичних культур у гірській частині Львівської області можна зробити висновок, що більша частина території гірської частини області непридатна для вирощування біоенергетичних культур через особливості агрокліматичних і ґрунтових умов.

Ключові слова: біоенергетика, відновлювана енергетика, енергетичні культури, деградація, відновлювані джерела енергії, Карпатський регіон.

Вступ

Для боротьби зі зміною клімату чимало країн у своїх енергетичних стратегіях зазначають амбітні цілі щодо досягнення кліматичної нейтральності та заміщення традиційного викопного палива відновлюваними й альтернативними джерелами енергії. Нарощення нових потужностей із відновлюваної енергетики є однією з ключових цілей Енергетичної стратегії України до 2050 року. Важливим напрямом розвитку відновлюваної енергетики є біоенергетика. Для потреб біоенергетики розглядаються різні ресурси, зокрема відходи сільськогосподарського виробництва, тваринництва, а також вирощування енергетичних культур. Для потенційних плантацій енергетичних культур

важливу роль відіграють ґрунти. Саме від фізико-хімічних властивостей ґрунту залежить врожайність і можливість вирощувати енергетичні культури.

Формулювання проблеми, актуальність її вирішення

Через розораність земель, неправильне ведення сільського господарства значна частка земель в Україні стали малопродуктивними або деградованими. Перевагою вирощування енергетичних культур є те, що вони не сильно вибагливі до ґрунтових умов і їх можна вирощувати на деградованих землях. Також біомаса енергетичних культур належать до відновлюваних джерел енергії, зокрема, через те, що для неї характерні нульові балансові викиди парникових газів. Тому

розвиток біоенергетики та використання деградованих земель для вирощування енергетичних культур є важливим напрямом для забезпечення енергетичної безпеки та боротьби зі зміною клімату.

Останні дослідження та публікації

Проблематикою технології вирощування біоенергетичних культур займалися науковці Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків (Гументик та ін., 2018; Січенко, 2023; Сінченко та ін., 2022; Міскантус в Україні, 2019; Фучило та ін., 2022; Сінченко та ін., 2024), також запропоновано методологію дослідження енергетичних плантацій верб і тополь (Фучило та ін., 2018). Значну кількість досліджень опубліковано на офіційному вебсайті Біоенергетичної асоціації України (Біоенергетична асоціація... 2024).

Мета статті – оцінити потенціал та виклики у розвитку біоенергетики на деградованих ґрунтах у гірській частині Львівської області.

Виклад матеріалу дослідження

Останнім часом в Україні значно зросла зацікавленість до відновлюваної енергетики. Одним із пріоритетних напрямів розвитку відновлюваної енергетики розглядається біоенергетика. У 2023 році уряд схвалив Енергетичну стратегію України на період до 2050 року (Про схвалення... 2023), серед головних цілей якої є максимальне скорочення використання вугілля в енергетичному секторі, а також розвиток альтернативних джерел енергії (Енергетична стратегія... 2022).

На таких землях ведення сільськогосподарського виробництва не є економічно ефективним, що зумовлено зниженням родючості, деградацією, засоленістю тощо. До основних критеріїв класифікації земель як деградовані належать: фізичні параметри ґрунту (низька родючість, несприятлива текстура, малопотужна зона коренеутворення, засолення, перезволоження, кислотність), а також екологічні параметри ґрунту (забруднення та еродованість) (Маргінальні землі, 2024).

Найбільш поширеними в Україні серед деградованих земель є малопродуктивні, перезволожені, засушливі, еродовані та техногенно забрудненні землі (Мазур та ін., 2019).

Такі землі, які не є придатними для сільського господарства, можна використовувати для вирощування біоенергетичних культур. Отже, під час вибору біоенергетичної культури для вирощування на таких землях слід враховувати екологічну рівновагу середовища, зокрема, забезпечивши не тільки продуктивність біомаси, а й компенсацію втрачених властивостей ґрунтів (Мазур та ін., 2019).

Для вирощування біоенергетичних культур існують обмеження за кліматичними, ґрунтовими й екологічними показниками.

У Додатку III Регламенту (ЄС) № 1305/2013 Європейського Парламенту та Ради ЄС від 17 грудня 2013 року про підтримку розвитку сільських територій Європейським сільськогосподарським фондом

розвитку сільських районів (ЄФРСП) та про скасування Регламенту Ради (ЄС) № 1698/2005 (Regulation (EU)... 2013) визначені біофізичні критерії для розмежування територій із природними обмеженням. Зокрема, до кліматичних належать температура:

- тривалість вегетаційного періоду (кількість днів), визначена кількістю днів із середньодобовою температурою $> 5^{\circ}\text{C}$ (LGPT5) повинна становити ≤ 180 днів;
- сума теплового часу (градус-дні) для вегетаційного періоду, визначена накопиченою середньодобовою температурою $> 5^{\circ}\text{C} - \leq 1500^{\circ}$ градус-дні;
- відношення річної кількості опадів (P) до річної потенційної евапотранспірації (PET) – $P/PET \leq 0,5$.

Детальніше розглянемо ґрунтові показники. Для того щоб землі віднести до категорії деградованих земель із короткопрофільним ґрунтом, потрібно, щоб потужність родючого горизонту ґрунту була менше ніж 35 см, оскільки відповідно до Регламенту ЄС № 1305/2013 для ведення сільського господарства ця потужність повинна бути ≥ 35 см. Для вирощування світчграсу потужність родючого горизонту може становити ≤ 25 см, для інших біоенергетичних культур (енергетичної верби, тополі, чорної акації та міскантуса) цей показник не є обмеженням для їх вирощування (Маргінальні землі, 2024).

Наступний показник – родючість ґрунтів. Відповідно до Регламенту ЄС № 1305/2013 для його визначення використовується рейтинг родючості за Мюллером (оцінка якості ґрунту Мюнхеберга (SQR) (Маргінальні землі, 2024; The Muencheberg Soil... 2024). Це простий і швидкий напівкількісний метод, який можуть використовувати фермери та консультанти. Цей метод польової оцінки використовується для аналізу властивостей ґрунту, які обмежують урожайність культур і потенціал продуктивності культур. Загальна оцінка якості ґрунту в діапазоні від 0 (найгірша) до 100 (найкраща) характеризує потенціал урожайності сільськогосподарських культур (The Muencheberg Soil... 2024). Індикатор непридатності для земель для ведення сільського господарства становить $SQR \leq 40$ балів. Для вирощування біоенергетичних культур – $SQR \leq 25$ балів (Маргінальні землі, 2024).

Не менш важливими критеріями є високий об'ємний відсоток вмісту каміння, висока частка піску або глини. Індикатор непридатності для ведення сільського господарства для каміння становить ≥ 10 об'ємних %, для частки піску – ≥ 40 % піску в 100 см шарі ґрунту, для глинистої текстури – ≥ 50 % глини відповідно. Показники для біоенергетичних культур такі: для каміння – ≥ 20 об'ємних %, для частки піску – ≥ 60 % піску в 100 см шарі ґрунту, для глинистої текстури – ≥ 60 % глини відповідно (Маргінальні землі, 2024).

Відповідно до Регламенту ЄС № 1305/2013 вміст солей в орному шарі ґрунту не повинен перевищувати $3,2 \text{ dS/m}$ (dS/m – це міжнародно прийнята одиниця питомої провідності (або електропровідності), яка чисельно дорівнює $\text{mM}\Omega/\text{cm}$) для сільськогосподарських земель

та бути ≥ 16 dS/m для вирощування біоенергетичних культур. Вміст обмінного натрію в ґрунтах сільськогосподарських земель не повинен перевищувати 4,8 ESP (ESP – вміст обмінного натрію у відсотках) у межах 100 см профілю, а для вирощування біоенергетичних культур – 8 ESP. Для енергетичної верби та тополі цей показник не є обмежувальним. Показник pH для сільськогосподарських угідь в орному шарі повинен бути $\leq 5,5$, а для вирощування біоенергетичних культур – $\leq 4,5$ для тополі та чорної акації, для енергетичної верби та світчграсу – ≤ 5 . Перезволоження ґрунту й оглеєння є індикатором як для сільськогосподарських угідь, так і для біоенергетичних культур, зокрема ознаки оглеєння в межах 40 см шару, перезволоження 80 см шару понад 6 місяців (Маргінальні землі, 2024).

До екологічних критеріїв належать крутизна схилу та високий вміст нітратів у ґрунтових водах. Крутизна схилу для сільськогосподарських угідь не повинна перевищувати 12 %, а для вирощування біоенергетичних культур (окрім тополі й енергетичної верби) – 15 %. Нітратне забруднення не повинно становити ≥ 10 мг/л нітратів у підґрунтових водах (Маргінальні землі, 2024). Зведені критерії та обмеження для вирощування біоенергетичних культур наведено в табл. 1.

Розглянемо детальніше тенденцію деградації ґрунтів на прикладі гірської частини Львівської області. Загалом

у межах Карпатського регіону (Львівської, Закарпатської, Івано-Франківської та Чернівецької областей) спостерігається значна площа деградованих і малопродуктивних земель у відсотках до орних земель. Зокрема, для Закарпатської області цей показник становить 24,4 %, для Львівської – 32,6 %, Івано-Франківської – 42,5 %, а для Чернівецької – 51,5 %. З них відновлення продуктивності потребує понад половина площ (Добряк та ін., 2020).

За схемою агроґрунтового районування Львівської області (Ґрунти Львівської області, 2019) гірська частина Львівської області розташована в Карпатській гірській лісо-лучній (буроземній) зоні, у межах якої виділяють такі агроґрунтові райони: Старосамбірський, Турківський, Воловецький і Підполонинський.

У межах гірської частини Львівської області переважають буроземи гірсько-лісові, у т. ч. оглеєні (Dystric Cambisols, Dystric Gleyic Cambisols), також поширені буроземи гірсько-лісові опідзолені, у т. ч. оглеєні (Dystric Cambisols, Dystric Gleyic Cambisols). Незначна частка дерново-буроземних, у т. ч. оглеєних (Cambic Umbrisols, Cambic Gleyic Umbrisols), дерново-буроземних опідзолених (Cambic Umbrisols (Albic)) та дерново-буроземних опідзолених глейових ґрунтів (Cambic Gleyic Umbrisols) (рис. 1).

Площа буроземів гірсько-лісових у межах Львівської області становить 181,1 тис. га, або 8,3 % від всієї

Таблиця 1. Критерії та обмеження для вирощування біоенергетичних культур (Маргінальні землі, 2024)

Table 1. Criteria and restrictions for growing of bioenergy crops (Маргінальні землі, 2024)

Категорії деградованих земель	Критерії визначення	Обмеження для вирощування біоенергетичних культур				
		Енергетична верба	Тополя	Чорна акація	Міскантус	Світчграс
Короткопрофільні	Глибина родючого шару					≤ 25 см
Низькородючі	Низький бал родючості	$SQR \leq 25$	$SQR \leq 25$	$SQR \leq 25$	$SQR \leq 25$	$SQR \leq 25$
Кам'янисті	Високий об'ємний відсоток каміння	≥ 20 %	≥ 20 %	≥ 20 %		
Легкий гранулометричний склад	Висока частка піску	≥ 60 %	≥ 60 %	≥ 60 %	≥ 60 %	≥ 60 %
Важкий гранулометричний склад	Висока частка глинистих часток			≥ 60 %	≥ 60 %	≥ 60 %
Засолені	Високий вміст солі		≥ 16 dS/m	≥ 16 dS/m	≥ 16 dS/m	≥ 16 dS/m
Солонцюваті	Високий відсоток обмінного натрію			≥ 8 ESP	≥ 8 ESP	≥ 8 ESP
Кислі	Низький pH	≤ 5	$\leq 4,5$	$\leq 4,5$		≤ 5
Перезволожені	Високий рівень підґрунтових вод	Оглеєння 40 см, перезволоження 80 см > 6 міс.	Оглеєння 40 см, перезволоження 80 см > 6 міс.		Оглеєння 40 см, перезволоження 80 см > 6 міс.	Оглеєння 40 см, перезволоження 80 см > 6 міс.
Еродовані	Крутизна схилу			≥ 15 %	≥ 15 %	≥ 15 %
Забруднені	Високий вміст нітратів у ґрунтових водах	≥ 10 мг/л нітратів у підґрунтових водах	≥ 10 мг/л нітратів у підґрунтових водах	≥ 10 мг/л нітратів у підґрунтових водах	≥ 10 мг/л нітратів у підґрунтових водах	≥ 10 мг/л нітратів у підґрунтових водах

Примітка: dS/m – це міжнародно прийнята одиниця питомої провідності (або електропровідності), яка чисельно дорівнює мМОм/см); ESP – уміст обмінного натрію у відсотках.

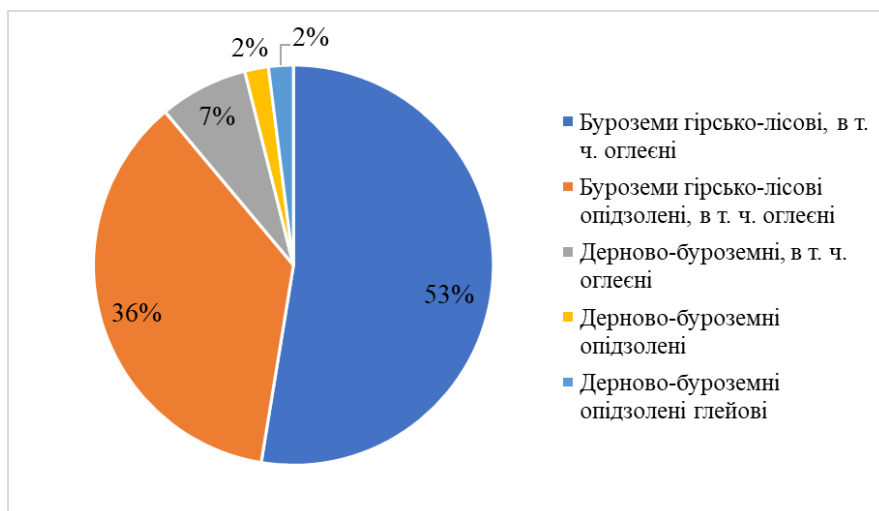


Рис. 1. Частка площі відмін ґрунтів у межах гірської частини Львівської області, складено за даними (Ґрунти Львівської області, 2019)

Fig. 1. Percentage of square of soil varieties within the mountainous part of Lviv region, based on data from (Ґрунти Львівської області, 2019)

площі області. Під ріллею – 34,4 тис. га (19 % від всієї площі буроземів гірсько-лісових) та 4,3 % від площі орних земель області. Для цих ґрунтів характерним є низький запас гумусу (2–3,5 %). Показник рН становить від 2,8 до 4,6 (Ґрунти Львівської області, 2019). Такі кислотно-основні властивості є досить сприятливими для вирощування біоенергетичних культур. Відзначимо, що значна частина буроземів зазнала деградації через вирубування лісів (Лемєга, Гаськевич, 2023).

Іншим лімітуючим фактором у межах Українських Карпат є крутість схилів, оскільки значна частка схилів не є сприятливими для вирощування чорної акації, міскантуса та світчграсу через високу крутизну, яка подекуди може перевищувати 15 %. Цей чинник не є обмежувальним для енергетичної верби й тополі.

Також під час вирощування біоенергетичних культур потрібно враховувати агрокліматичні умови. Зокрема, сприятливими для вирощування біоенергетичних культур вважаються умови з річною кількістю опадів менше ніж 650 мм на рік та середньорічною температурою понад +6 °C.

Для вирощування верби й тополі потрібно враховувати рівень ґрунтових вод, який повинен бути в межах 0,5–1,5 м. Встановлено, що для вирощування плантацій тополі й енергетичної верби потрібен вологий, багатий на гумус, добре дренажований супіщаний або суглинковий ґрунт. Показник рН має бути в межах 5–7. Загальний азот – мінімум 15,0 мг/100 г ґрунту (Вирощування енергетичних... 2023).

Отже, аналізуючи перспективи вирощування біоенергетичних культур у гірській частині Львівської області, можна зробити висновок, що більша частина території гірської частини області непридатна для вирощування біоенергетичних культур через особливості агрокліматичних і ґрунтових умов.

Висновки

Нарощення потужності біоенергетики є однією із стратегічних цілей України в досягненні кліматичної нейтральності та декарбонізації промисловості. Деградовані землі, непридатні для сільського господарства, мають значний потенціал для вирощування біоенергетичних культур, що сприятиме раціональному використанню деградованих територій. Проте для ефективного використання цих земель потрібно враховувати їхні фізичні й екологічні характеристики, а також адаптувати європейські підходи до класифікації земель до українських реалій.

Аналіз умов гірської частини Львівської області показав, що регіон має значні обмеження для вирощування біоенергетичних культур. Значна частка буроземів гірсько-лісових (8,3 % площі області) характеризується низьким вмістом гумусу, високою кислотністю ґрунту (рН 2,8–4,6) та деградацією через антропогенні чинники. Проте ці ґрунти є сприятливими для вирощування окремих біоенергетичних культур, як-от енергетична верба та тополя, які можуть рости навіть на крутих схилах і в умовах високої кислотності.

Через значну крутизну схилів понад 10–15 % більшість територій гірської частини області не є придатною для вирощування міскантуса, світчграсу та чорної акації. Отже, гірська частина Львівської області через своє географічне положення має значні обмеження для вирощування біоенергетичних культур. Проте навіть за цих умов існують перспективи для вирощування біоенергетичних культур, як-от енергетична верба й тополя, які досить добре адаптовані до місцевих ґрунтово-кліматичних умов.

Література

1. Біоенергетична асоціація України. Вебсайт: URL: <https://uabio.org/>.
2. Вирощування біоенергетичних культур / за редакцією канд. с.-г. наук, ст. н. с. Гументик М. / [Гументик М., Радейко Б., Фучило Я., Сінченко В., Ганженко О., Бондар В., Фурса А., Кvak В., Харитонов М., Кателевський В.]. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 179 с.
3. Вирощування енергетичних культур для власного споживання у територіальних громадах України. URL: <https://u-lead.org.ua/storage/admin/files/eff925dd2c23a1e6564fbc8c89f8ba4f.pdf>.
4. Ґрунти Львівської області : колективна монографія / за ред. Позняка С. Львів, ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 424 с. ; 10 ілюстр. стор.
5. Добряк Д. Наукові засади відтворення продуктивності деградованих і малопродуктивних земель. Добряк Д., Дребот О., Мельник П. *Збалансов. природокористування*. 2020. № 2. С. 5–17. Бібліогр.: 22 назв. – укр.
6. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Під загальною редакцією д-ра с.-г. наук, професора В. М. Сінченка. Вінниця : ТВОРИ, 2023. 346 с.
7. Енергетична стратегія України до 2050 року. Міністерство енергетики України : вебсайт. URL: <https://mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya>.
8. Інтродукція високопродуктивних сортів енергетичної верби та технологічні аспекти її вирощування. Сінченко В., Фучило Я., Ганженко О., Гументик М., Гнап І., Іванюк І. Київ : Компринт, 2022. 206 с.
9. Лемєга Н. Процеси деградації у ґрунтах Львівської області : монографія. Лемєга Н., Гаськевич В. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2023. 480 с. (Серія «Ґрунти України»).
10. Мазур В., Кравчук Г., Гончарук Г. Еколого-збалансоване використання маргінальних земель при вирощуванні енергетичних культур. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 15. С. 5–20.
11. Маргінальні землі. URL: https://www.bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/ivanina_v.v.pdf.
12. Методологія дослідження енергетичних плантацій верби і тополь : монографія / за ред. члена-кореспондента НААН В. М. Сінченка / [Фучило Я., Сінченко В., Ганженко О., Гументик М. та ін.]. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 137 с.
13. Міскантус в Україні. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2019. 256 с.
14. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року. URL: <https://mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya>.
15. Продуктивність енергетичних плантацій верби прутovidної впродовж другого трирічного циклу вирощування: до 100-річчя ІБКЦБ НААН України : [монографія] / Фучило Я., Сінченко В., Вокальчук Б., Іванюк І. Національна академія аграрних наук України, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Малинський фаховий коледж. Житомир : НОВОград, 2022. 139 с. URL: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000824225>.
16. Технології вирощування біоенергетичних культур / за редакцією д-ра с.-г. наук, ст. н. с. Гументика М. / [Сінченко В., Гументик М., Ганженко О., Кравчук В., Фучило Я., Правдива Л., Фурса А., Кvak В., Балагура О., Фурман В., Харитонов М., Кателевський В., Мандровська С., Атаманюк О., Замойський О., Бордусь О., Пиріг Г., Шафаренко Ю., Гументик В.]. Київ : Компринт, 2024. 240 с.
17. Regulation (EU) No 1305/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) and repealing Council Regulation (EC) No 1698/2005. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32013R1305>.
18. The Muencheberg Soil Quality Rating (SQR). URL: <https://organic-farmknowledge.org/tool/30579>.

References

1. Bioenergy Association of Ukraine (2024). Website: URL: <https://uabio.org/>.
2. Humentyk, M.Y. (Ed.) (2018), Cultivation of bioenergy crops. Humentyk M., Radeiko B., Fuchylo Ya., Sinchenko V., Hanzhenko O., Bondar V., Fursa A., Kvak V., Kharytonov M., Katelyevskiy V. Kyiv: Komprint. 179 p. (in Ukrainian).
3. Growing energy crops for self-consumption in territorial communities of Ukraine (2024). URL: <https://u-lead.org.ua/storage/admin/files/eff925dd2c23a1e6564fbc8c89f8ba4f.pdf> (in Ukrainian).
4. Pozniak, S.P. (Ed.) (2019), Soils of the Lviv region: a collective monograph. Lviv, Ivan Franko National University of Lviv, 424 p. 10 illustrations (in Ukrainian).
5. Dobriak, D., Drobot O., Melnyk P. (2020), Scientific principles of reproduction of productivity of degraded and unproductive lands. *Balanced Nature Management*, 2, 5–17. Bibliography: 22 titles (in Ukrainian).
6. Sinchenko, V. (2023), Energy willow: technology of cultivation and use. Vinnytsia: Tvory. 346 p. (in Ukrainian).
7. Energy Strategy of Ukraine until 2050 (2022). Ministry of Energy of Ukraine: website. URL: <https://mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya> (in Ukrainian).
8. Sinchenko, V., Fuchylo, Ya., Ganzhenko, O., Gumentyk, M., Hnap, I., Ivanyuk, I. (2022), Introduction of high-yielding varieties of energy willow and technological aspects of its cultivation. Kyiv: Komprint. 206 p. (in Ukrainian).
9. Lemega, N., Haskevych, V. (2023), Processes of degradation in the soils of Lviv region: a monograph. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv, 480 p. (Series 'Soils of Ukraine') (in Ukrainian).
10. Mazur, V., Kravchuk, H. & Honcharuk, G. (2019), Ecologically balanced use of marginal lands for growing energy crops. *Agriculture and forestry*, 15, 5–20 (in Ukrainian).
11. Marginal lands (2024). URL: https://www.bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/ivanina_v.v.pdf (in Ukrainian).
12. Sinchenko, V. (Ed.) (2018), Methodology for researching energy plantations of willows and poplars: monograph. Fuchylo Ya., Sinchenko V., Ganzhenko O., Gumentyk M., et al. Kyiv: CP Komprint LLC. 137 p. (in Ukrainian).
13. Miscanthus in Ukraine (2019): Kyiv: CP Komprint LLC. 256 p. (in Ukrainian).
14. On the approval of the Energy Strategy of Ukraine until 2050 (2023). URL: <https://mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya> (in Ukrainian).
15. Fuchylo, Ya., Sinchenko, V., Vokalchuk, B., Ivanyuk, I. (2022), Productivity of energy plantations of willow rod during the second three-year cultivation cycle: to the 100th anniversary of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine: [monograph]. National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, Malynsky Professional College. Zhytomyr: Novograd. 139 p. <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000824225> (in Ukrainian).
16. Humentyk, M.Y. (Ed.) (2024), Technologies of bioenergy crops cultivation. Sinchenko V., Humentyk M., Hanzhenko O., Kravchuk V., Fuchylo Ya., Pravdyva L., Fursa A., Kvak V., Balahura O., Furman V., Kharytonov M., Katelyevskiy V., Mandrovska S., Atamaniuk O., Zamoyskiy O., Bordus O., Pyrih H., Shafarenko Yu., Humentyk V. Kyiv: Komprint. 240 p. (in Ukrainian).
17. Regulation (EU) (2013) No 1305/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) and repealing Council Regulation (EC) No 1698/2005. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32013R1305> (in English).
18. The Muencheberg Soil Quality Rating (SQR) (2024). URL: <https://organic-farmknowledge.org/tool/30579> (in English).

BIOENERGY ON DEGRADED SOILS IN THE MOUNTAINOUS PART OF LVIV REGION: POTENTIAL AND CHALLENGES

Yamelynets T.S.

Yamelynets T.S., Doctor of Science (Geography), Professor of the Department of Soil Science and Soil Geography, Ivan Franko National University of Lviv, ORCID 0000-0002-7058-0931, Taras.Yamelynets@lnu.edu.ua

*The article analyses the potential and challenges in the development of bioenergy on degraded soils in the mountainous part of Lviv region. Increasing the capacity of renewable energy sources is one of Ukraine's strategic goals in achieving energy independence and climate neutrality. One of these is bioenergy, which can use degraded and unproductive soils. Due to significant soil degradation, a large proportion of the land has become unfit for agriculture. That is why bioenergy crops can be grown on such lands. Such bioenergy crops include energy willow, poplar (*Populus L.*), black acacia (*Acacia melanoxylon R.Br.*), miscanthus (*Miscanthus giganteus*), fast-growing millet (switchgrass) (*Panicum virgatum L.*) etc. Each bioenergy crop has its own favourable growing conditions. In particular, conditions with annual precipitation of less than 650 mm per year and an average annual temperature of more than 6°C are considered favourable for growing bioenergy crops. The potential of bioenergy development is considered on the example of the mountainous part of Lviv region. According to the scheme of agro-soil zoning of Lviv region, the mountainous part is located within the Carpathian mountain forest-meadow ('brown earth') zone, within which the following agro-soil districts are distinguished: Starosambirskyi, Turkevskyi, Volovetskyi and Pidpolonynskyi. The area of mountain-forest brown earth soils within Lviv region is 181.1 thousand hectares, or 8.3% of the total area of the region. These soils are characterised by a low humus content. The pH is between 2.8 and 4.6. Such acid-base properties are quite favourable for growing bioenergy crops. It should be noted that a large part of the brown earth has been degraded due to deforestation.*

The limiting factor for growing bioenergy crops within the Ukrainian Carpathians is the steepness of the slopes, as a significant proportion of hillsides are not suitable for growing black acacia, miscanthus and switchgrass due to their high steepness, which can sometimes exceed 15%. This factor is not limiting for energy willow and poplar. However, the region has unfavourable conditions for their cultivation, as it has been established that poplar and energy willow plantations require moist, humus-rich, well-drained sandy loam or loamy soil. The pH value should be in the range of 5–7. Total nitrogen should be at least 15.0 mg/100 g of soil.

After analysing the prospects for growing bioenergy crops in the mountainous part of Lviv region, it can be concluded that most of the territory of the mountainous part of the region is unsuitable for growing bioenergy crops due to the peculiarities of agroclimatic and soil conditions.

Key words: bioenergy, renewable energy, energy crops, degradation, renewable energy sources, Carpathian region.