



У. Б. Башуцька¹, Астрід Шиллінг²

¹ Національний лісотехнічний університет України, м. Львів

² Університет сталого розвитку Еберсвальде, м. Еберсвальде, Німеччина

ПЛАНУВАННЯ ТА ЗДІЙСНЕННЯ ЛІСОВОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ЛУЖИЦЬКОГО БУРОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ (СХІДНА НІМЕЧЧИНА)

Упродовж останніх тридцяти років у Лужицькому буровугільному басейні припинено діяльність більшості шахт і виконано значний обсяг робіт із рекультивації гірничих виробок. На місці трансформованого створено новий ландшафт, в якому домінують ліси та великі озера. Відновлення лісів на порушених землях дає змогу збільшити ефективність поглинання вуглецю в екосистемі. Реорганізація гірничо-добувного регіону базується на поєднанні екологічного відновлення ландшафту та сталого соціально-економічного розвитку. Встановлено, що підбір порід дерев для лісової рекультивації порушених добуванням бурого вугілля земель на основі природних лісових угруповань забезпечує тільки частковий меліоративний ефект. Особливості характеристик субстрату та гірничо-технологічні фактори визначають напрямок створення лісових насаджень. Під час підбору деревних видів враховують їх адаптаційну здатність до росту й розвитку на відвальних субстратах, які характеризуються сильно мінливими хімічними та фізичними властивостями. Панівними породами дерев у лісовій рекультивації порушених земель є дуб звичайний, дуб скельний та сосна звичайна. У змішаних насадженнях позитивний ефект забезпечують липа дрібнолиста, граб, бук звичайний, дуб червоний, робінія звичайна і береза повисла. Багатовидові насадження позитивно впливають на ґрунтоутворення. Ріст і розвиток лісових насаджень на старих рекультиваційних ділянках є основою для рекомендацій заходів із лісової рекультивації. Зміна клімату є новим викликом для лісової рекультивації вододельних дегазованих ландшафтів Лужицького буровугільного басейну. Місцеві листяні дерева на бідних піщаних ділянках втрачають свою конкурентоспроможність. Врахування процесів динамічної сукцесії рослинності та "альтернативних видів дерев, стійких до змін клімату", таких як робінія звичайна, вже є частиною планування лісової рекультивації.

Ключові слова: відкритий видобуток; дегазований ландшафт; відновлення; вибір деревних порід.

Вступ / Introduction

Лісова рекультивація дегазованих ландшафтів має на меті довготерміновий розвиток лісових насаджень на порушених землях. Це відповідає лісокультурним можливостям і соціальним очікуванням, зумовлюючи вибір деревних порід.

До 1980-х років заліснення порушених земель у Східній Німеччині базувалося на короткотермінових міркуваннях, оскільки соціалістичне лісове господарство вимагало високих показників лісової рекультивації порушених земель [1, 6, 9]. Це супроводжувалося вичерпуванням фінансових ресурсів і оборотних коштів. Із возз'єднанням Німеччини у 1990 р. Лужицький буровугільний басейн став найбільшим навчальним процесом та експериментальним полем у Європі. Основну увагу приділяють лісовій рекультивації, починаючи з принципів планування й моделювання, і до практичної

реалізації [8, 9]. Вибір деревних видів для лісової рекультивації визначається головними регіональними цілями та місцевими лісорослинними умовами. Законодавство про видобуток корисних копалин передбачає рекультивацію порушеної ділянки, а немонетарні екосистемні послуги мають пріоритет над отриманням продукційної деревини [6, 9]. Для цього у відновленому ландшафті створюють адаптовані лісові структури. Аспекти безпечного довготермінового управління дегазованими ландшафтами (породними відвалами) передбачають їх стійке заліснення, яке часто супроводжується значним виходом біомаси чи отриманням якісної деревини [2, 7, 8, 9].

Об'єкт дослідження – лісові насадження на рекультиваційних ділянках з різним екологічним потенціалом.

Предмет дослідження – типи заліснення відвальних субстратів залежно від особливостей їх характеристик і

Інформація про авторів:

Башуцька Уляна Богданівна, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра екології. Email: ecology@nltu.edu.ua;

<https://orcid.org/0000-0002-4131-014X>

Шиллінг Астрід, доктор, лектор, кафедра лісової педагогіки і агролісомеліорації. Email: astrid.schilling@hnee.de;

<https://orcid.org/0000-0001-7089-5282>

Цитування за ДСТУ: Башуцька У. Б., Шиллінг Астрід. Планування та здійснення лісової рекультивації порушених земель Лужицького буровугільного басейну (Східна Німеччина). Науковий вісник НЛТУ України. 2022, т. 32, № 3. С. 26–31.

Citation APA: Bashutska, U. B., & Schilling, Astrid. (2022). Planning and implementation of forest reclamation of disturbed lands of the Lusatian lignite basin (East Germany). *Scientific Bulletin of UNFU*, 32(3), 26–31. <https://doi.org/10.36930/40320304>

гірничо-технологічних чинників.

Мета роботи – проаналізувати фактичну інформацію про рекомендовані комбінації деревних порід на порушених добуванням вугілля землях із врахуванням особливостей едафотопів і прогнозованих змін клімату.

Для досягнення зазначеної мети визначено таке основне завдання дослідження – отримати дані про підбір порід дерев для лісової рекультивації порушених добуванням бурого вугілля земель.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Видобуток корисних копалин є важливою економічною діяльністю, яка супроводжується надмірним антропогенним навантаженням на довкілля [12]. Поверхневий спосіб розробки родовища спричиняє втрату екологічних та естетичних цінностей ландшафту, зумовлюючи його деградацію [18]. Зміни рельєфу і поверхневого стоку, якості повітря, ґрунту та води, рослинності (лісові екосистеми), підвищення рівня шуму та вібрації ґрунту погіршують умови проживання людини та спричиняють негативний вплив на її здоров'я [17]. Після завершення балансових запасів родовища змінений ландшафт необхідно відновити шляхом рекультивації [13]. Це є складним завданням, оскільки лісова рекультивація не має унікальної схеми планування і залежить від специфічних характеристик ділянки [5].



Рис. 1. Лісова рекультивація, як ціль розвитку лісу – постійний самоокупний ліс (графіка А. Шиллінг) / Forest restoration as the development goal – a self-sustaining permanent forest [6]

Успішна та стійка лісова рекультивація (рис. 1) забезпечує відновлення екологічних, гідрологічних, естетичних, рекреаційних та інших функцій деастрованого ландшафту [11]. У Лужицькому буровугільному басейні лісова рекультивація займає до 60 % площі після видобутку вугілля [9].

Матеріали та методи дослідження полягали в аналітичному опрацюванні природоохоронної документації, матеріалів досліджень науковців, результатів рекультиваційних проєктів і моніторингу порушених добуванням бурого вугілля земель.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

У Німеччині вивчення та опис екологічних умов місцевості лісових зон супроводжується відповідним картуванням [3, 15, 6]. Згідно з ним, дві третини заліснених територій класифікуються як бідні (А) і досить бідні (Z). Такі ж умови місцезростання є характерними для буровугільних кар'єрів. У складі техноземів значну частину становлять третинні відклади, які опинилися на денній поверхні та зазнають процесів окислення [9, 7].

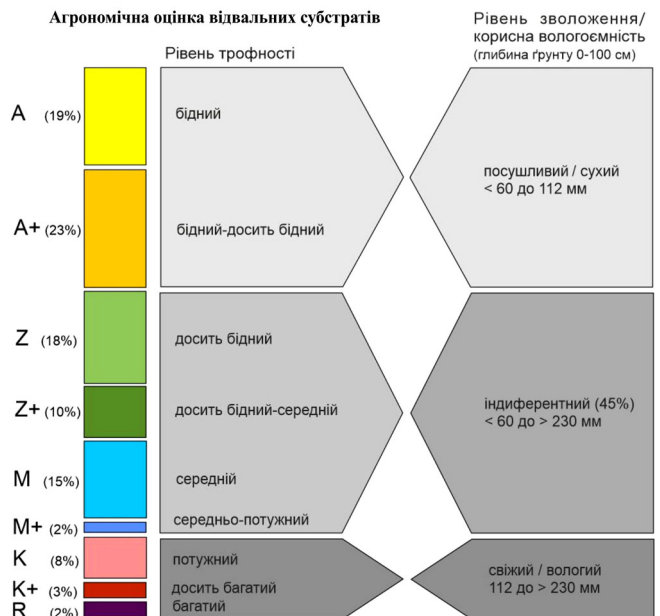


Рис. 2. Розподіл лісових рекультиваційних ділянок за рівнями трофічного та водного балансу (графіка А. Шиллінг) / Allocation of forest reclamation areas according to trophic and water balance levels [6]

Близько 80 % усіх бідних (А) відвальних ґрунтів, враховуючи їх гранулометричний склад, належать до сухих стосовно зволоження (рис. 2). Окремі відвальні ґрунти класифікуються, як добре забезпечені поживними речовинами (потужні (K)) і потенційно родючі техноземи (багаті (R)). За ступенем зволоження вони класифікуються, як сирі. У досить бідних (Z) і середніх (M) відвальних субстратах помітні істотні відмінності. Задовільна водоутримувальна здатність не обов'язково означає збалансоване співвідношення поживних речовин у субстраті, яке гальмується водоутримувальними домішками (третинна глина і тонкодисперсний буровугільний пил). На старих відвалах росту й розвитку лісових насаджень сприяє лужна та багата азотом летка зола з колишніх електростанцій та брикетних заводів [8]. Підкислювальні компоненти (пірит і марказит) зумовлюють зменшення асортименту деревних видів для вирощування (у недостатньо меліороване вапном підґрунтя майже не проникають чутливі до високої кислотності корені дерев і кущів).

Поступове нагромадження гумусу в техноземі покращує у довготерміновій перспективі його водний баланс (рис. 3 і 4). Мікробіологічна активність сприяє родючості техноземи. Абіотичні та біотичні характеристики, що визначають лісорослинні умови, мають високу динаміку розвитку [10].

Можливості вирощування деревних видів проявляються лише у віці жердняку, тому раніше більші площі післягірничих земель відводилися для висаджування

маловибагливих, але недовговічних піонерних і перехідних порід дерев, ніж екологічно доцільних (таблиця). Вибір деревних порід зараз базується на дов-



Рис. 3. Насадження дуба червоного з грабом на рекультивованому буровугільному кар'єрі Вельцов-Зюд (світлина У. Б. Башуцької) / Red oak forest ecosystem with hornbeam at the rehabilitated Welzow-Zued opencast mine

готерміновій цілі розвитку лісу та екологічному потенціалі ділянки, тобто сукупності речовинно-енергетичних ресурсів і властивостей екосистем [8].



Рис. 4. Відвальний субстрат із сформованим гумусним шаром на давній лісовій рекультиваційній ділянці (світлина У. Б. Башуцької) / Post-mining soil with the humus layer formed on the old forest reclamation

Таблиця. Типи заліснення для лісової рекультивації відвальних субстратів / Allocation of post-mining soils and recultivation tree species [6]

Технозем	Рівень трофності	Рівень зволоження	Типи заліснення, що відповідають місцевості, або рекомендована комбінація деревних порід
Вапняний суглинок, гравійно-вапняний суглинок, вапняний мул, мул, вапняновугільний суглинок	багатий (R)	вологий	(1) дуб скельний-/звичайний + граб/липа дрібнолиста; (2) цінні м'яколистяні дерева + дуб скельний-/звичайний + липа дрібнолиста/граб; (3) цінні м'яколистяні дерева/ дуб скельний-/звичайний + бук звичайний
		свіжий	(1) дуб скельний-/звичайний + бук звичайний; (2) дуб скельний-/звичайний + липа дрібнолиста/граб; (3) дуб скельний + сосна звичайна
Глина, суглинок, мул, вапняновугільний суглинок	потужний (K)	свіжий	(1) дуб скельний-/звичайний + липа дрібнолиста/граб; (2) дуб скельний-/звичайний + цінні м'яколистяні дерева; (3) бук звичайний + цінні м'яколистяні дерева
		помірно свіжий	(1) дуб скельний-/звичайний + липа дрібнолиста; (2) дуб скельний-/звичайний + сосна звичайна/береза повисла
Суглинок, глина, супісок, вугільний суглинок, вугільний супісок, вугільний мул, вугільна глина, вапняновугільний пісок	середній (M)	помірно свіжий	(1) дуб скельний-/звичайний + липа дрібнолиста/граб; (2) дуб скельний-/звичайний + бук звичайний; (3) дуб скельний-/звичайний + явір
		помірно сухий	(1) дуб скельний-/звичайний/червоний + сосна звичайна; (2) дуб скельний-/звичайний + береза повисла/осика
Суглинок, кремнеземистий суглинок, середньодисперсний пісок, дрібнодисперсний пісок, кам'яновугільний пісок, кремне-вугільний пісок, гравійний пісок	досить бідний (Z)	помірно сухий	(1) дуб скельний-/звичайний + сосна звичайна/береза повисла/осика; (2) сосна звичайна + береза повисла/вільха червона/-сіра
		сухий	(1) дуб скельний-/звичайний/червоний + сосна звичайна/береза повисла; (2) дуб скельний-/звичайний + береза повисла; (3) сосна звичайна + береза повисла/осика
Крупний пісок, кам'яновугільний пісок, гравійний пісок, гравій	бідний (A)	сухий	(1) сосна звичайна + береза повисла/осика; (2) сосна звичайна + вільха червона/-сіра
		посушливий	(1) сосна звичайна; (2) сосна звичайна + береза повисла; (3) сухий ліс

Примітка: у таблиці враховано прогнозовані зміни клімату [7], для едафотопів характерне залягання ґрунтових вод >2,0 м.

Вибір деревних порід потребує аргументованого планування майбутнього стану лісу. Можливими є цільові корекції, які передбачають регулярний контроль за ростом, конкурентною поведінкою та життєвістю деревних рослин. Для зменшення обсягів доглядових робіт

використовуються природні чинники. Специфіка субстрату та різноманіття процесів у техноземах не дають змоги робити аналогічні висновки для різних екотопів. Індикатором для рекомендацій щодо заліснення є розвиток лісу на старих рекультиваційних ділянках [6, 9].

У районі видобутку бурого вугілля Лужиці переважають змішані широколистяні ліси з домінуванням дуба. Техноземи із високою часткою суглинкової й мулистій фракції мають високу поглинальну здатність. На них висаджуються клен, в'яз, черешня, горобина, берека, дика яблуня і груша, липа дрібнолиста, граб і бук звичайний. Типовими екотопами дуба звичайного є помірно багаті поживними речовинами і забезпечені водою відвальні ґрунти. Такі субстрати роблять можливим спільне культивування групи інших, економічно цінних супутніх деревних порід. Придатними домішками насаджень є липа дрібнолиста, бук звичайний, граб, явір і клен звичайний. Суглинні піски є сприятливими для вирощування змішаних лісів з дуба скельного та дуба звичайного. Зазвичай, сосну звичайну висаджують із березою повислою, що відповідає природній лісовій рослинності на території відкритого видобутку бурого вугілля.

Сосну звичайну висаджують на бідних, від сухих до посушливих за зволоженням, часто з гравійними домішками, піщаних техноземах. У таких "вимушених локаціях" акцент робиться на середовищевірну функцію лісового насадження, а не на продукційну. У складних лісорослинних умовах бажаною є екологічно доцільна домішка (для покращення властивостей техноземи), навіть, якщо деревна порода-домішка пізніше випадає зі складу насадження.

Високий рівень неоднорідності субстрату дає змогу створювати багаті за видовим складом і структурою змішані деревостани – наскільки можливо локально. Це є важливо з огляду на невизначені кліматичні прогнози обмеженого у воді деастрованого ландшафту.

Основні господарські види дерев можуть займати на рівні деревостану від 50 до 75 % площі. Проміжні, супутні та все ще економічно актуальні деревні породи-домішки вкривають до половини площі. Площа екологічно значущих, але переважно економічно нецікавих другорядних порід дерев, становить менше 25 %. Їх питома вага є вищою в оформленні узлісся.

Природне заповнення прогалин самозасіванням видами із м'якою деревиною (верба козяча, осика або горобина звичайна) є бажаним, але лише за умови, що це не загрожує меті ведення лісового господарства на ділянці. Рідкісні вторинні види дерев другого порядку (наприклад, дикорослі плодові дерева) збагачують ландшафт. Їх рекомендують для оформлення внутрішніх і зовнішніх узлісь та спеціальних ділянок.

Висаджують також типові лісові чагарники (глід, терен, шипшина тощо) з особливими екологічними функціями або необхідністю охорони (наприклад, дикорослі плодові дерева, ялівець, берека) відповідно до рекомендацій щодо походження.

Дуже важливим питанням є збереження зникаючих видів дерев та чагарників за походженням. Прикладом є поява в регіоні лужицької низовинної ялини чи не багатьох реліктів білої ялиці. Для заміни місцезростань, яким загрожує видобуток корисних копалин, близько до поверхні складаються водонепроникні глини з третинних відкладів. Висаджуються тільки лісові саджанці, дозволені відповідно до "Закону про лісовий репродуктивний матеріал" [4]. Для заліснення використовуються переважно саджанці місцевого походження.

Зміна клімату є новим викликом для лісової рекультивації деастрованих ландшафтів. Лужицький район ви-

добутку бурого вугілля є одним із найчутливіших до змін клімату в Центральній Європі: різко негативний кліматичний водний баланс уже обмежує розвиток лісів у місцях, віддалених від ґрунтових вод. У посушливі роки (2003, 2006, 2018 та 2019) сумарна кількість опадів була меншою 450 мм. Окрім цього, були епізоди спеки з максимальною добовою температурою близько 40 °C в тіні. До кінця століття очікується потепління клімату з 1,1 до 3,8 C. Характерним стає постійне або незначне зменшення кількості опадів влітку та подальше збільшення різниці між опадами і потенційним випаровуванням з поверхні ландшафту [6].

З попереднього розвитку лісів на рекультивованих ділянках складно зробити висновки про майбутню динаміку їх росту й розвитку [7]. Особливо це стосується дренованих і бідних поживними речовинами відвальних піщаних оліготрофних техноземів. Сьогодні вони є цільовими місцезростаннями для невибагливої сосни звичайної. Істотної альтернативи її вирощуванню із екологічно доцільною домішкою (березою повислою) з продукційної точки зору не існує, але цей бореальний хвойний вид дерев стає дедалі чутливішим до тепла та вразливішим до комах і хворіб. З точки зору кліматичної географії, Лужиця вже є південно-західною межею ареалу сосни звичайної, тому довготермінова придатність її для вирощування є сумнівною.

Теплолюбні листяні дерева, зокрема дуби скельний або звичайний, липа дрібнолиста, бук звичайний чи граб, отримують користь від довшого вегетаційного періоду та вищих зимових температур. Місцеві листяні дерева на бідних піщаних ділянках втрачають свою конкурентоспроможність. Природних моделей заліснення для майбутньої кліматичної зони, означеної як субсередземноморська, не існує [14]. Спостереження за формуванням складу деревних порід на рекультивуваних ділянках після видобутку бурого вугілля вказують напрям до слабозаліснених, сильно задернілих "степових лісів" з робінією, дубами бургундським чи пухнастим. Врахування процесів динамічної сукцесії рослинності та "альтернативних видів дерев, стійких до змін клімату", таких як робінія звичайна, вже є частиною планування лісової рекультивації.

Обговорення результатів дослідження. Отже, завданням майбутнього для ведення лісового господарства на рекультивованих ділянках є послідовне перетворення подібних і часто одновікових одноярусних лісових насаджень у постійні лісові комплекси зі складною структурою [6, 7, 8, 9]. Незаліснені відвальні субстрати є новими екотопами для заселення травами. На перших стадіях самозаростання у трав'яному ярусі переважають рудеральні види із широкою екологічною амплітудою. Низька конкуренція у складних лісорослинних умовах відвальних субстратів дає змогу рослинам займати різні екологічні ніші, сприяючи збільшенню різноманіття [10]. Тільки із зімкненням намету лісового насадження розпочинається боротьба за світло, як лімітуючий чинник [5, 6]. Робінія звичайна має високий потенціал для лісової рекультивації порушених земель через її значну екологічну амплітуду та біологічні характеристики, що роблять її придатними для заліснення посушливих земель. Це є корисний багаточільовий вид дерев для лісової рекультивації [8, 9]. Довготривалий моніторинг формування лісових насаджень і стан лісо-

вих екосистем на порушених землях є необхідністю з екологічного погляду.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати таку наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше на основі аналітичного огляду робіт із лісової рекультивації порушених добуванням бурого вугілля земель у Східній Німеччині показано залежність вибору деревних порід від екологічних переваг довготермінового розвитку лісових насаджень на відвальних субстратах, лісокультурних можливостей і соціальних очікувань. Актуальність досліджень полягає у розширенні знань щодо шляхів формування довготермінових лісових насаджень на порушених добуванням вугілля землях та формуванні цілісного погляду на всі питання відновлення ландшафту.

Практична значущість результатів дослідження – результати дослідження можуть бути використані під час планування лісової рекультивації порушених земель України на основі адаптованих до місцевості лісових екосистем із врахуванням можливості впровадження стійких до змін клімату видів дерев та отримання постійного самоокупного лісу.

Висновки / Conclusions

Лісова рекультивація на порушених землях Лужицького буровугільного басейну на сьогодні має тенденцію до адаптованих до місцевості лісових екосистем, які гармоніюють із потенційною природною рослинністю регіону. Змішані лісові насадження на порушених землях є максимально наближеними до природних, відповідно до екологічного підходу до лісової рекультивації. Вони створюються із врахуванням зростаючих вимог до багатфункціональності лісів і відповідно до засад природного ведення лісового господарства. Частиною планування лісової рекультивації стає впровадження альтернативних видів дерев, стійких до змін клімату, наприклад, таких як робінія звичайна.

References

1. Bashutska, U. (2020). Importance of landscape after brown coal mining in Eastern and Central Germany for the nature protection. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(2), 55–61. <https://doi.org/10.36930/40300210>
2. Bashutska, U., & Cremer, T. (2020). Ecological assessment of black locust wood and coal-mining dumps, as a reserve area for its cultivation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(3), 51–59. <https://doi.org/10.36930/40300309>
3. Forstliche Standorteinheiten. Retrieved from: https://fbinter.stadt-berlin.de/fb_daten/beschreibung/klang_forstl_standorteinheiten.html
4. Forstvermehrgutgesetz (FoVG). 1658 Bundesgesetzblatt Jahrgang 2002 Teil I Nr. 32, ausgegeben zu Bonn am 29. Mai 2002. Retrieved from: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Landwirtschaft/Saat-und-Planzgut/Forstvermehrungsgutgesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=1
5. Jacobs, D., Oliet, J., Aronson, J., Bolte, A., Bullock, J., Donoso, P., Landhausser, S., Madsen, P., Peng, Sh., Rey-Benayas, J., & Weber, J. (2015). Restoring forests: What constitutes success in the twenty-first century? *New Forests*
6. Knoche, D., & Schlenstedt, J. (2021). Von der Baumartenwahl zur Wiederbewaldung. In: *AFZ-Der Wald*, 17, 32–35.
7. Knoche, D., Ertle, C., Scherzer, J., & Schultze, B. (2012). Kippenwälder des Lausitzer Braunkohlenreviers im Klimawandel. Teil I: Klimaszenarien der fernen Zukunft und Baumarteneignung. In: *Archiv für Forstwesen und Landschaftsoekologie*, 46, 145–151.
8. Knoche, D., Rademacher, A., & Schlepphorst, R. (2019). Best practice report on environmental protection and post-mining land reclamation. In *Smart strategies for the transition in coal intensive regions*. Project No: 836819.
9. Kruemmelbein, J., Bens, O., Raab, T., & Naeth, M. (2012). A history of lignite coal mining and reclamation practices in Lusatia, eastern Germany. *Can. J. Soil Sci.* 92, 53–66.
10. Landeck, I., Kirmer, A., Hildmann, C., & Schlenstedt, J. (Hg.) (2017). *Arten und Lebensräume der Bergbaufolgelandschaften: Chancen der Braunkohlesanierung für den Naturschutz im Osten Deutschlands*. Shaker Verlag, Aachen, 560.
11. Li, J., & Lin, B. (2022). Landscape planning of stone mine park under the concept of ecological environment restoration. *Arabian Journal of Geosciences*, 15, 671. Retrieved from: https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-021-08893-4?utm_source=xmol&utm_medium=affiliate&utm_content=meta&utm_campaign=DDCN_I_GL01_metadata
12. Luckeneder, S., Giljuma, S., Schaffartzik, A., Mause, V., & Tost, M. (2021). Surge in global metal mining threatens vulnerable ecosystems. *Global Environmental Change*. Vol. 69, 1–14.
13. Macdonald, S., Landhausser, S., Skousen, J., Franklin, J., Frouz, J., Hall, S., Jacobs, D., & Quideau, S. (2015). Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. *New Forests*, 46, 703–732. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-015-9506-4>
14. Martens, S., Gemballa, R., Petzold, R., Otto, L., & Eisenhauer, D. (2015). Wald, Forstwirtschaft und Klimawandel. Klimawandel in Sachsen – wir passen uns an! ächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL). Dresden, 1–138.
15. Schulze, G. (1996). Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland. (Standortserkundungsanleitung), SEA 95. Band A- Standortsform, Schwerin, 1–298.
16. Thomasius, H., Wünsche, M., Selent, H., & Braeunig, A. (1999). Wald- und Forstökosysteme auf Kippen des Braunkohlenbergbaus in Sachsen – ihre Entstehung, Dynamik und Bewirtschaftung. Heft 17/99, 71.
17. Yadav, A., & Jamal, A. (2019). Impact of mining on human health in and around mines. *Environ Qual Manage*, 28, 83–87. <https://doi.org/10.1002/tqem.21568>
18. Zibret, G., Gosar, M., Miler, M., & Alijagic, J. (2018). Impacts of mining and smelting activities on environment and landscape degradation. *Land Degrad Dev.*, 29, 4457–4470. <https://doi.org/10.1002/ldr.3198>

U. B. Bashutska¹, Astrid Schilling²

¹ Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

² Eberswalde University for Sustainable Development, Eberswalde, Germany

PLANNING AND IMPLEMENTATION OF FOREST RECLAMATION OF DISTURBED LANDS OF THE LUSATIAN LIGNITE BASIN (EAST GERMANY)

Coal mining causes large-scale landscape disturbances and destruction of forest ecosystems. Forest reclamation of post-mountain lands is of interest and concern around the world. Coal is still the basis of the energy balance in Central and Eastern Europe. The development of open-pit coal deposits strongly influences the disturbance of the balanced state of rock massifs, hydrological conditions and is accompanied by the release of dust into the atmosphere. Areas are restored after coal mining, because the establishment of

stable forest ecosystems is a long-term goal of forest reclamation. This provides a profit for the landscape and the environment. Newly formed reclaimed mine soils are characterized by highly variable chemical and physical properties of the soil, so the adaptation of wood species in such conditions determines the success of forest reclamation. Thus, in recent years, there is a growing interest in sustainable afforestation of disturbed lands, which is often accompanied by increased efficiency of carbon dioxide absorption, significant biomass yield and quality wood. This review provides information on aspects of safe long-term management of devastated landscapes, long-term forest development goals in areas with different environmental potentials and recommended combinations of trees in coal-disturbed lands, taking into account soil characteristics and projected climate change. Examples of afforestation methods for forest reclamation of dump substrates are discussed based on the usefulness of local tree species such as common oak (*Quercus robur* L.), sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). In mixed plantations, the positive effect is provided by small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.), Hornbeam (*Carpinus betulus* L.), beech (*Fagus sylvatica* L.), red oak (*Quercus rubra* L.), black locusts (*Robinia pseudoacacia* L.), and common birch (*Betula pendula* Roth). The response of species to climate change is discussed in the introduction of alternative species of trees resistant to climate change such as black locusts. The general recommendation is that locally adapted forest ecosystems harmonize with the potential natural vegetation of the region. To ensure this, the choice of wood species is based on the long-term goal of forest development and ecological potential of the site.

Keywords: disturbed land; forest reclamation; afforestation; tree species selection.