

И.И. Коршиков¹, О.В. Красноштан²

О ФИТОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЭДАФОТОПОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОТВАЛОВ КРИВОРОЖЬЯ

железорудные отвалы, эдафотопы, Криворожье

Введение

В Украине площадь техногенных ландшафтов составляет более 220 тыс. га, из которых 70 % возникли вследствие открытой добычи полезных ископаемых [2]. Эти горнопромышленные ландшафты, которым свойственна контрастная и динамичная структура, не имеют аналогов в природе. Так, например, в Криворожье в результате добычи железной руды и поднятия из недр Земли сопутствующих горных пород, в которых отсутствуют даже низшие формы жизни, складирования их в отвалы, возникло многообразие новых, нехарактерных для степной зоны Украины эдафотопов. Откосы железорудных отвалов, плоская вершина с вывалами породы и в меньшей степени бермы характеризуются неповторимым сочетанием контрастных эдафических условий. Связано это с разной размерностью породы, неоднородностью ее механического и физико-химического состава, уплотненностью, засоленностью и токсичностью. Общим для эдафотопов в пределах одного и разных отвалов является очень низкое содержание в породе минеральных элементов, необходимых для роста и развития растений и изначальное отсутствие в породе органических веществ, участвующих в образовании гумуса. Горные породы, которыми отсыпаются отвалы, отличаются безструктурностью и низкой связанностью, а в результате атмосферных осадков происходят проседание, ссувы по откосам, размывы породы. На отдельных участках развивается серпантинный тип эрозии, связанный с ливневыми дождями и таянием снежного покрова. Породы отвалов отличаются низкой водоудерживающей способностью. На поверхности отвалов с разной интенсивностью идут процессы физико-химического выветривания породы, которые приводят к мозаично-локальному формированию литоземов, накапливающих небольшие запасы продуктивной влаги [2].

Так как породные отвалы нередко отсыпают в черте городов и пригородов, то они являются не только источниками техногенного загрязнения окружающей среды, но и способствуют обострению социально-экономических проблем промышленных регионов степной зоны. Для снижения экологического ущерба окружающей среде и включения породных отвалов в городскую инфраструктуру необходима их рекультивация. Традиционная схема рекультивации отвалов предусматривает технический этап подготовки их поверхности для последующего озеленения. Этот этап рекультивации связан с формированием выровненных поверхностей типа террас на отвале, а также покрытие их слоем грунта от 0,4 до 1,0 м. Такие трудоемкие и технически сложные работы необходимы для улучшения эдафических условий на отвале, что может способствовать лучшей приживаемости высаживаемых растений. Однако, такое капитальное переформатирование поверхности отвала требует значительных материальных и финансовых вложений.

В биологической рекультивации промышленно нарушенных земель на территории Украины можно выделить два основных направления, оба из которых предусматривают технический этап с нанесением грунтового покрытия. Первое направление заключается в разработке схемы восстановления нарушенных земель для вторичного их использования, как правило, для выращивания сельскохозяйственных культур. Наиболее перспективными, как показывает многолетняя практика, для озеленения отработанных карьерных участков, являются многолетние бобовые травы, в частности *Medicago sativa* L. и *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC. [7]. Второе, не менее важное направление рекультивации горнопромышленных отвалов – лесохозяйственное. Это направление, начиная с конца XIX века, активно используется в индустриально-развитых странах Европы и США. Создаваемые на техногенно нарушенных землях лесные насаждения выполняют мелиоративную, противоэрозионную, природоохранную, пылезащитную, санитарно-гигиеническую, ландшафтно-озеленительную функцию, а в отдельных случаях и лесохозяйственную.

Значительно менее финансово-экономически затратно третье направление рекультивации промышленных отвалов без предварительного конструирования эдафотопов, т.е. нарезания террас и без их унификации – нанесения грунтового покрытия. Это направление разрабатывали в 70–80-х годах XX века при рекультивации отдельных железорудных отвалов Криворожья. Надо отметить, что лесная рекультивация породных отвалов Криворожья без нанесения на их поверхность почво-грунтовых смесей, хотя и проводится уже более 30 лет, однако так и не имеет необходимого научного обоснования. Высокая гетерогенность и контрастность эдафотопов по периметру и вертикальному профилю железорудных отвалов Криворожья требует разработки методических основ дифференцированной их оценки для лесной рекультивации как в целом для конкретного отвала, так и отдельных его участков.

Концептуальные основы лесной рекультивации железорудных отвалов Криворожья можно разработать, изучив жизнеспособность сохранившихся на отвалах искусственных посадок и проанализировав процессы естественного зарастания. Практическим результатом таких исследований должна быть разработка технологий содействия процессам естественного развития лесной растительности на отвалах.

Цель нашей работы – разработка методологического подхода к оценке пригодности эдафотопов железорудных отвалов Криворожья для лесной рекультивации.

Объекты и методика

Вскрышные породы железорудных отвалов Криворожья относятся к разным за геологическим возрастом слоям литосферы, отличаются по минералогическому, гранулометрическому, физико-химическому составам и воднофизиологическим свойствам, а поэтому разнообразие эдафотопов на этих отвалах необходимо классифицировать по комплексу агрохимических показателей. Это должно способствовать дифференциации эдафотопов за критериями пригодности для выращивания растений. Столь важная задача является предметом самостоятельных исследований, которые не рассматриваются в нашей работе.

Несмотря на многообразие неблагоприятных эдафических факторов, сочетаемых с экстремальными климатическими условиями степной зоны, на железорудных отвалах Криворожья спонтанно поселяются травянистые и древесные растения, вследствие чего они локально, мозаично покрываются растительностью. В связи с этим можно применить второй подход для оценки пригодности эдафотопов для лесной рекультивации, анализируя состояние высаженных и спонтанно поселившихся на отвалах растений. Предлагаемые в работе системные показатели пригодности эдафотопов для лесной рекультивации разработаны в ходе пятилетних маршрутных обследований состояния растительности, прежде всего, древостоев на восьми отвалах Криворожья, на одном из которых был проведен технический этап рекультивации с нанесением грунтового покрытия. Начиная с 2005 года, мы проводили исследования жизнеспособности созданных и спонтанно возникших естественным путем на отвалах локальных насаждений. По характеристике кроны древесных растений проводили оценку их жизненного состояния. Для этого использовали шкалу В.А. Алексеева [1], дифференцируя деревья на здоровые, ослабленные (поврежденные), сильно ослабленные (сильно поврежденные), отмирающие и сухостой. Эта базовая классификация деревьев, которая не исключает промежуточных градаций, например, введения категории деревьев, угнетенных в росте и развитии. У каждого вида древесных растений, произрастающих на отвале, выявляли разные формы роста, используя для этого классификацию А.А. Чистяковой [8], выделяя: а) одноствольное дерево, б) порослеобразующее дерево, в) немногоствольное дерево, г) многоствольное дерево, д) куртинообразующее дерево, е) одноствольный «торчек», ж) многоствольный «торчек», з) факультативный стланик. Отдельно учитывали количество деревьев, достигших репродуктивной фазы развития и способных к семенному возобновлению, а также количество вегетативно подвижных растений, формирующих вокруг себя корневую поросль. В результате маршрутных обследований жизнеспособности древесных растений на железорудных отвалах Криворожья была разработана система показателей для оценки пригодности эдафотопов конкретных участков для лесной рекультивации.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты маршрутных рекогносцировочных обследований восьми отвалов Криворожья показали, что одни эдафотопы являются благоприятными, другие, – наоборот, практически недоступны для поселения, роста и развития растений. Отсутствие травянистых и древесных растений на отдельных участках отвалов можно объяснить неблагоприятными аэро- и гидрологическими режимами верхнего слоя породы, ее избыточной фитотоксичностью и высокой подвижностью, а также крупнообломочным механическим составом в отдельных локалитетах. Участки, где практически полностью отсутствуют растения, встречаются по склонам отвалов и на вывалах породы на плоской вершине. Это небольшие по площади участки, которые отличаются от окружающих по внешнему виду породы.

Общая лесопокрытость отвалов, а также и отдельных их участков очень разная. Наименьшая она на тех участках отвалов, где продолжается отсыпка породы. Безусловно, эти участки отвалов пока не подлежат оцениванию на пригодность для лесной рекультивации. Высокая облесенность, достигающая 100 %-ного покрытия, встречается крайне редко и приурочена к тем участкам, где была проведена рекультивация наиболее устойчивыми видами растений. Значительно чаще на отвалах встречаются одиночные растения, их группы из нескольких особей одного, двух, трех и крайне редко большего количества видов, а также их куртин, занимающих площадь в несколько десятков, а иногда сотен м². На пологих склонах у основания отвалов могут даже формироваться «островки» с характерными признаками лесных ценозов. Они состоят из крупномерных особей, под пологом которых поселяются кустарники и формируется устойчивый злаково-разнотравный ценоз. Особый интерес представляют эдафотопы, где происходит естественное возобновление видов, которые попали сюда анемохорно или зоохорно. Такие участки довольно часто встречаются на семи из восьми обследованных нами отвалах, отсутствовали они только на отвале, где был нанесен слой грунта и традиционно рядами по окружности отвала высажена белая акация (*Robinia pseudoacacia* L.). На этом отвале *R. pseudoacacia* формирует жизненную форму – многоствольное и куртинообразующее дерево, а также многоствольный «торчек» и факультативный стланик. В промежутке между рядами *R. pseudoacacia* сформировался устойчивый злаково-разнотравный ценоз, что, вероятно, не благоприятствует спонтанному поселению других видов древесных растений.

Предварительно фактическую лесопригодность отдельных участков и в целом отвала также можно выяснить с помощью аэрокосмической фотосъемки. Такую информацию необходимо использовать в качестве «точки отсчета». Более точную оценку степени пригодности конкретных участков отвалов для лесной рекультивации можно получить, проведя более детальное исследование растительности по комплексу показателей по предлагаемой нами схеме. Для начала определяют окружность отвала у основания и выделяют по вертикальному профилю отвала, в зависимости от его размера, 4–12 опытных участков шириной 25–100 м, которые должны быть относительно равномерно распределены по периметру отвала. При выделении опытных участков необходимо учитывать, что в засушливой степной зоне лимитирующим фактором выживания растений, на противоположных по географическому положению участках отвалов, может быть разная интенсивность солнечного освещения, приводящая к перегреву верхнего слоя породы на южных склонах в летнее время. Так как на высоких отвалах бывает до 3–4-х берм, то соответственно на одном опытном участке получится 6–8 учетных площадок от основания до вершины отвала. Все опытные участки и учетные площадки должны быть привязаны к местности и закартографированы.

На учетных площадках каждого участка по вертикальному профилю отвала первоначально определяют площадь покрытия древесными растениями, их видовой состав и происхождение – искусственные ли это посадки или самовозобновляющиеся в результате заноса семян. Далее на учетных площадках подсчитывают общее количество растений каждого вида с дифференциацией их по возрастному и жизненному состоянию. На участках спонтанного поселения растений следует выделять особи семенного и вегетативного происхождения. В случае самовозобновления видов, как это нами описано для сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на железорудных отвалах [5, 6], необходимо определять площадь расселения вокруг семеносящих деревьев. Важным критерием лесопригодности участков

являются темпы и мощность развития растений. Различия по этим показателям жизненности растений можно использовать для оценки благоприятности эдафотопов, однако только для индикаторных или наиболее распространенных на отвалах видов. При этом необходимо учитывать многообразие жизненных форм на разных участках отвала. Надо отметить, что вопросы поливариантности (мультивариантности) онтогенеза отдельных видов многолетних растений успешно исследуют в их природных местообитаниях [3, 4] и совсем не учитывают при анализе жизненности растений в условиях техногенных экотопов. А это очень важный аспект для понимания адаптивной стратегии вида в нетипичных, экстремальных условиях существования.

Проведенные исследования древесных растений по предлагаемой схеме позволяют классифицировать виды по уровню жизненности, выделяя высокий, средний и низкий. Высоким уровнем жизненности на отвале характеризуются виды растений, которые имеют типичную для них жизненную форму, не угнетены в развитии, не имеют явных признаков повреждения ветвей, кроны и ствола, их листья зеленые без очевидных симптомов развития хлороза и некроза. Такие виды в условиях отвалов отличаются продолжительным онтогенезом, достигают репродуктивной фазы развития и способны формировать урожай полноценных жизнеспособных семян. Из крайне ограниченного числа таких видов наиболее высокой жизненностью обладают те, которые способны самовозобновляться в условиях отвалов семенным или вегетативным путем, постоянно расселяясь на новые участки отвала. Средним уровнем жизненности обладают виды, здоровые растения которых на одном или разных участках отвалов встречаются реже, чем ослабленные и поврежденные. У таких видов чаще встречаются угнетенные в росте и развитии растения с наличием сухих и усыхающих ветвей в верхней части кроны, для них характерна мелколистность, а сами листья хлоротичны с признаками развития некроза. Как правило, такие растения отличаются непродолжительным и часто незавершенным онтогенезом, не достигают репродуктивной фазы развития и неспособны к вегетативному размножению в условиях отвалов. Низким уровнем жизненности в условиях отвалов характеризуются, как правило, мало представленные на отвалах виды, отдельные растения которых сохранились в изреженных насаждениях. Для таких видов характерны поврежденные, сильно поврежденные и отмирающие растения, у которых нередко происходит усыхание ствола, сопровождаемое развитием прикорневой поросли. На основании анализа видового состава и жизненного состояния растений и в целом локального древостоя можно проводить оценку лесопригодности конкретного участка отвала для лесной рекультивации. Жизненное состояние древостоя определяется по соотношению здоровых, угнетенных, поврежденных, ослабленных, отмирающих и усохших растений.

В результате проведенных нами мониторинговых исследований жизнеспособности древесных растений на восьми отвалах можно выделить следующие категории эдафотопов по пригодности для лесной рекультивации: 1) непригодные, 2) малопригодные для озеленения (один устойчивый вид), 3) пригодные для озеленения (2–3 устойчивых вида), 4) пригодные для наиболее жизнеспособных видов (3–5), 5) доступные для массового озеленения (более 5 видов). Эти пять категорий лесопригодности конкретных участков наносят на карту отвала (рис.) Такая реперная карта служит руководством для практических решений в использовании разных видов древесных растений для озеленения отдельных участков отвалов. Составить такую карту можно для отвалов или их отдельных частей, где отсыпка породы прекращена не менее чем 5–7 лет. В этот период активно происходит колонизация отвалов за счет заносимых семян из близкорасположенных насаждений. Развитие растительности на отвале – процесс длительный и его существенно можно ускорить, используя разработанный нами принцип маркерного картирования эдафотопов отвала за лесопригодностью. В ходе картирования визуально необходимо оценивать направленность распространения растительности вокруг выделенных опытных участков, что даст дополнительную важную информацию о границах пригодности для озеленения конкретных территорий отвала. Само озеленение отвала нужно проводить лишь на участки, где лесопокровность не более 30–50 %. Здесь можно проводить высаживание растений на наименее озелененных участках. На открытых участках, где встречаются единичные особи, необходимо массовое высаживание растений. Ассортимент древесных растений и технологические приемы его размещения должны сочетаться с биологическими особенностями используемых видов и требует дополнительной детальной разработки.

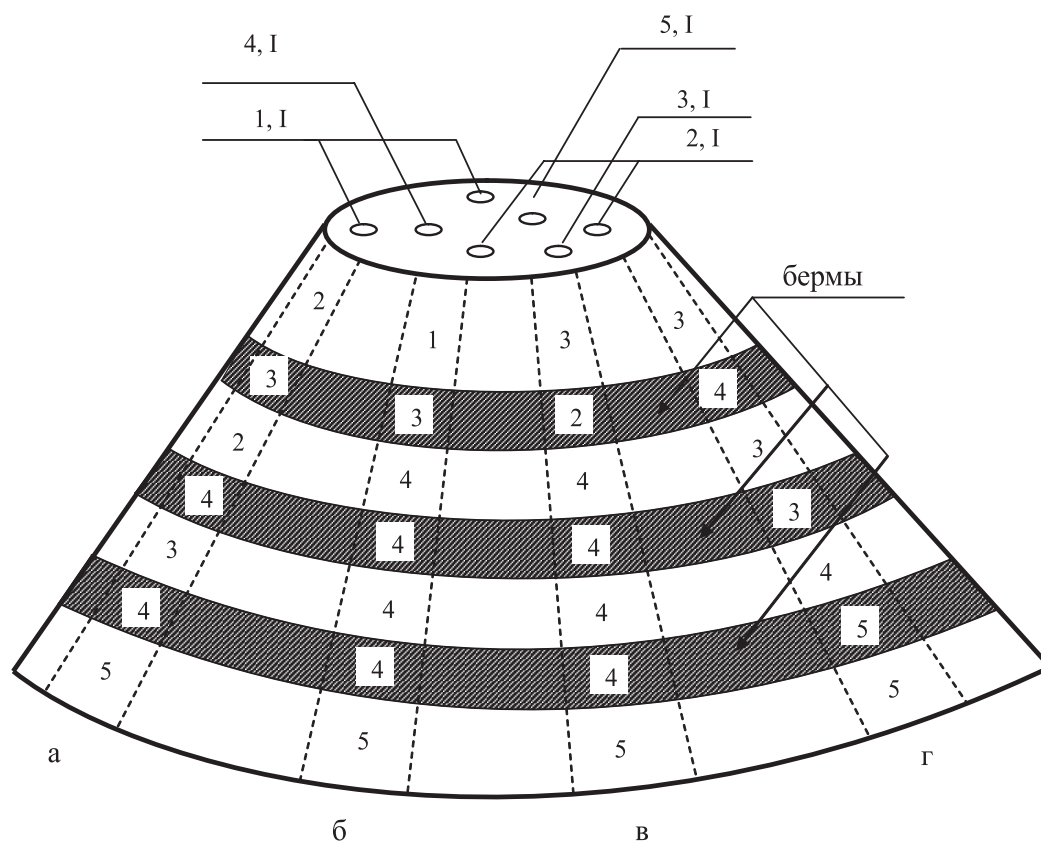


Рис. Маркерная карта лесопригодности одного из железорудных отвалов Криворожья, 1–5 – категории лесопригодности; а, б, в, г – опытные участки; I – вывалы породы.

Предлагаемый способ озеленения отвалов, помимо своей экологической значимости, важен еще и тем, что использование разных видов растений в озеленении расширяет возможности последующего включения отвала в городскую инфраструктуру, например, в его рекреационную составляющую.

1. *Алексеев В.А.* Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем / В.А. Алексеев // *Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение.* – Л.: Наука, 1990. – С. 38–54.
2. *Бровко Ф.М.* Фітоценотичні основи лісорозведення на відвальних ландшафтах Придніпровської височини України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук : спец. 06.03.01 «Лісові культури та фіто меліорація» / Федір Михайлович Бровко. – Київ, 2006. – 38 с.
3. *Воронцова Л.И.* Мультивариантность развития особей в течение онтогенеза и ее значение в регуляции численности и состава ценопопуляций растений / Л.И. Воронцова, Л.Б. Заугольнова // *Журн. общ. биологии.* – 1978. – Т. 34, № 4. – С. 555–561.
4. *Жукова Л.А.* Многообразие путей онтогенеза в популяциях растений / Л.А. Жукова // *Экология.* – 2001. – № 3. – С. 169–176.
5. *Коршиков И.И.* Естественное возобновление сосны крымской (*Pinus pallasiana* D.Don) на железорудном отвале Криворожья / И.И. Коршиков, О.В. Красноштан, Н.С. Терлыга, А.Е. Мазур // *Интродукция растений.* – 2005. – № 4. – С. 46–51.
6. *Коршиков И.И.* Самовозобновление *Pinus sylvestris* L. на железорудных отвалах Криворожья / И.И. Коршиков, О.В. Красноштан, Н.С. Терлыга, А.Е. Мазур, Н.М. Данильчук // *Промышленная ботаника.* – 2005. – Вып. 5. – С. 85–89.
7. *Узбек И.Х.* Еколого-біологічна оцінка едафотопів техногенних ландшафтів степової зони України (на прикладі Нікопольського марганцеворудного басейну): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: спец. 03.00.16 «Екологія» / Іван Харлампійович Узбек. – Дніпропетровськ, 2001. – 36 с.

8. *Чистякова А.А.* Жизненные формы и их спектры как показатели состояния вида в ценозе (на примере широколиственных деревьев) / А.А. Чистякова // Бюл. Московск. об-ва испыт. природн. Отд. биол., 1988. – Т. 93, вып. 6. – С. 93–105.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 07.07.2010

УДК 581.55(477.63)

О ФИТОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЭДАФОТОПОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОТВАЛОВ КРИВОРОЖЬЯ
И.И. Коршиков¹, О.В. Красноштан²

¹Донецкий ботанический сад НАН Украины

²Криворожский ботанический сад НАН Украины

Разработана система критериев оценки пригодности разных для лесной рекультивации эдафотопов на железорудных отвалах Криворожья без предварительного их переформирования и насыпки грунтового покрытия.

UDC 581.55(477.63)

ON PHYTOECOLOGICAL ASSESSMENT OF EDAPHOTOPES OF IRON-ORE DUMPS
IN KRIVOROZHIE

I.I. Korshikov¹, O.V. Krasnoshtan²

¹Donetsk Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine

²Krivorozhie Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine

The criteria system of aptitude assessment for forest recultivation of different edaphotopes on Krivorozhie iron-ore dumps without their previous reforming and filling of ground coating has been developed.