

ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОГЕННОГО СИНГЕНЕЗА В ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОТОПАХ ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ

А.И. Хархота, С.И. Прохорова*, И.В. Агурова

Донецкий ботанический сад Национальной академии наук Украины, Донецк, Украина

* Эл. почта s.prokh@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.01.2014; принята к печати 28.02.2014

Добыча полезных ископаемых человеком приводит к образованию территорий, лишенных растительности, токсичных, имеющих разрушенный почвенный покров и нарушенный гидрологический режим. Процесс спонтанного зарастания таких земель высшими растениями (антропогенный сингенез) отличается от становления фитоценозов на природных обнажениях горных пород и имеет особенности, рассмотренные в данной статье. Для антропогенного сингенеза в условиях техногенных экотопов, не имеющих аналогов в природе, характерны значительная продолжительность, совмещение растений различных жизненных форм и экологических групп, формирование ценозов со специфическими структурно-функциональными особенностями. Общими чертами спонтанных растительных группировок техногенных экотопов различных типов являются лабильность их флористического состава, неустойчивость структуры, относительно свободная и постоянная иммиграция новых видов. По флористическому составу растительные группировки носят зональный отпечаток: в их формировании принимают участие, кроме эвритопных рудеральных видов, типичные степные, петрофитные и опушечнолесные виды растений. По результатам многолетних геоботанических и флористических исследований спонтанного зарастания первичных эдафотопов нарушенных промышленностью земель нами выделено четыре обобщенные стадии антропогенного сингенеза в техногенных экотопах: 1 – фитомиграция; 2 – экотопическая адаптация и экотопический отбор видов; 3 – консолидация, группирование технотолерантных видов; 4 – формирование фитоценозов. Для каждой стадии описаны характер зарастания и общего проективного покрытия, индикаторные виды и их встречаемость. Представлена схема сингенетического ряда растительных группировок в техногенных экотопах. Дальнейшее изучение растительности, формирующейся в процессе антропогенного сингенеза в техногенных экотопах, необходимо для биоэкологического обоснования и разработки методов оптимизации растительного покрова техногенных экосистем.

Ключевые слова: нарушенные земли, спонтанное зарастание, растительные сообщества.

CHARACTERISTICS OF ANTHROPOGENIC SYNGENESIS IN THE INDUSTRIAL ECOTOPES OF SOUTHEASTERN UKRAINE

A.I. Kharkhota, S.I. Prokhorova*, I.V. Agurova

Donetsk Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine, Donetsk, Ukraine

* E-mail: s.prokh@mail.ru

Mining operations generate vast toxic territories that are devoid of vegetation and have destroyed soil and impaired hydrological properties. The process of spontaneous overgrowing of such territories with higher plants (anthropogenic syngeneses) differs from phytocenosis development on naked rocks in many aspects reviewed in the present paper. The anthropogenic syngeneses in industrial ecotopes, which have no analogues in nature, takes more time, simultaneously involve plants belonging to different life-forms and ecological groups, and result in peculiar biocenoses having specific structural and functional features. The common features of spontaneous plant communities in different industrial ecotopes include labile floristic composition, unstable structure, and perpetual immigration of new plant species. Floristic composition bears zonal features in that it includes species typical of local environment, such as steppe, rocky land or forest margins. Long-term geobotanical and floristic studies of spontaneous overgrowing of industrial ecotopes provided for distinguishing for general stages of anthropogenic syngeneses: 1 – phytomigration; 2 – ecotopic adaptation and selection of plant species; 3 – consolidation and further development of technotolerant species; 4 – formation of phytocenosis. For each stage, the types of overgrowing with plants, projective coverages by indicator species, and their prevalences are described. Further studies of vegetation that develops in the course of anthropogenic syngeneses are warranted for ecological justification and development of approaches to optimization of vegetation in industrial ecosystems.

Keywords: industrial ecotopes, spontaneous overgrowing, plant communities

Введение

Техногенное влияние и особенно длительная добыча полезных ископаемых на территории Украины привели к значительным изменениям среды и превращению природных комплексов в полуприродные, трансформированные и антропогенные экосистемы, включающие промышленные и опустошенные экотопы¹, в том числе не имеющие природных аналогов [2].

¹ Экотоп (от греч. oikos – жилище, местопребывание и topos – место) – совокупность условий неорганической среды данного участка, представляющего собой местообитание для конкретного растительного сообщества.

При возникновении техногенных экотопов локально происходят катастрофические изменения растительного покрова вплоть до полного уничтожения исходной растительности, в силу чего техногенные экотопы являются своеобразной ареной для первичного становления и развития растительности.

Всякий незаросший участок в результате размножения растений и рассеивания их зачатков – процесса, названного В.И. Вернадским [3] «растекание жизни на поверхности нашей планеты», – подвергается зарастанию как первичный или вторичный экотоп [23].

Первичные экотопы, по определению А.П. Шенникова [23, с. 27], «имеют субстрат, наиболее свободный от организмов, не испытавший их влияния и ранее, то есть впервые становящийся доступным для заселения ими». Следовательно, к техногенным экотопам можно отнести первичные экотопы антропогенного происхождения.

Для определения процессов спонтанного зарастания первичных экотопов В.Н. Сукачевым [16, 17] введено понятие сингенеза. Выделенные В.Н. Сукачевым по особенностям взаимоотношений растений в ценозе друг с другом и со средой фитоценологические понятия сингенеза, эндоэкогенеза и экзоэкогенеза легли в основу разработанной им теории смен растительного покрова и их классификации, которая продолжает развиваться геоботаниками и до настоящего времени [11, 22]. Саморазвитие растительных сообществ на первичных экотопах антропогенного происхождения классифицировано как антропогенный сингенез, или антропосингенез [11].

Сукцессиям растительного покрова различных техногенных новообразований и факторам, определяющим успех этого процесса, посвящены исследования, проводимые в России, Беларуси, Казахстане, Молдове, Азии, Чехии, Швейцарии, Канаде, Германии, Финляндии, США [7, 8, 10, 18, 22, 24–26, 28–31]. Международным обществом экологической реставрации (International Society of Ecological Restoration) приведены обобщенные показатели успеха восстановления антропогенно нарушенной системы: 1) подобие разнообразия и структуры сообщества в сравнении с растительностью близлежащих территорий (для характеристики этого подобию часто используют коэффициенты Жаккара и др. [26]); 2) присутствие аборигенных видов; 3) функциональные группировки, необходимые для последующего стабильного развития; 4) соответствующие физические характеристики субстрата, подходящие для формирования устойчивых популяций; 5) постоянное функционирование; 6) интеграция с ландшафтом; 7) исключение потенциальных угроз; 8) устойчивость к естественным нарушениям; 9) саморегуляция [25].

Расширение работ в этом направлении в техногенных экотопах Украины важно ввиду продолжения огромных по масштабам антропогенных преобразований природы [1, 2, 5, 13–15, 19–21]. Целью настоящей работы является анализ и обобщение данных, полученных при изучении формирования растительных сообществ в техногенных экотопах на юго-востоке Украины, определение особенностей сингенеза и выделение основных стадий сингенеза в техногенных экотопах.

Объекты, материалы и методы исследований

Объектами наших исследований являются спонтанно формирующиеся растительные сообщества в различных типах техногенных экотопов на юго-востоке Украины. Исследования включают полевые рекогносцировочно-маршрутные обследования и мониторинг на стационарных и полустационарных пробных площадках, статистическую обработку полевых материалов и компьютерный анализ данных с использованием авторской электронной базы данных «Фиторазнообразии техногенных экотопов» [6].

Гранулометрический состав, pH, тип и степень засоления эдафотопов определяли на отвалах угольных шахт (терриконики), отходов стройматериалов, вскрышах, шламах золоотвалов, отвалах флюсоломитного комбината, шлаковых отвалов металлургических заводов, карьера по добыче мергеля, карьерно-отвальных комплексов Никитовского ртутного комбината, промплощадках коксохимических и металлургических заводов (Донецкого и Макеевского металлургических заводов, Авдеевского коксохимического завода), других урбанизированных территориях [11, 13–15, 19–21].

При исследовании естественного зарастания первичных неозафотопов использовали общепринятые методы полевой геоботаники с учетом. Выбирали 15–20 учетных площадок размером 1 м², на каждой из них подсчитывали число особей каждого вида. Общий размер пробной площади составлял 100 м², причем на техногенной территории закладывали от 5 до 20 пробных площадей, в зависимости от количества типов экотопов. Определяли видовой состав растительных сообществ, покрытие, встречаемость, размещение, обилие видов. По этим признакам определяли этапы и стадии сингенеза в техногенных экотопах разных типов. Тип техногенного экотопа определяли методами фитоиндикации [5]. Растительные сообщества определяли согласно традиционному доминантному подходу [16, 17]. Названия растений приведены по современным номенклатурным сводкам для видов флоры юго-востока Украины [9].

Результаты и обсуждение

Типизация техногенных экотопов

Для сингенетических процессов, происходящих в условиях техногенных экотопов, характерны своеобразные сочетания растений различных жизненных форм и экологических групп. По флористическому составу формирующиеся растительные группировки носят зональный характер. В их формировании принимают участие, кроме эвритопных рудеральных видов, аборигенные виды основных типов растительности региона – степных, лесных, петрофитных, луговых, а также многие адвентивные виды растений [11–15, 19–21].

Характер и темпы антропогенного сингенеза в техногенных экотопах определяются как общей экологической обстановкой, так и конкретными условиями местообитания, связанными с возрастом того или иного экотопа, свойствами субстрата, микроклиматом, местоположением, возможностью попадания зачатков растений и пр. Лимитирующую роль в заселении их сосудистыми растениями играет наличие в субстрате токсических веществ, крайняя бедность питательными веществами и влагой, загрязнение промышленными отходами. Особенно большое значение для формирования растительных группировок в первичных техногенных экотопах приобретает флористическое окружение, наличие контактов с флористическими локалитетами, имеющими в своем составе виды, способные проникнуть и выдержать экотопический отбор в специфических условиях техногенно трансформированной среды.

Фитоценозы техногенных экотопов, формирующиеся в процессе их спонтанного зарастания, – результат не только взаимоотношений поселяющихся видов, но и сложного взаимодействия зонально-кли-

матических и конкретных экологических условий: чем более благоприятными они складываются для поселения растений, тем более близкими к зональному типу растительности по флористическому составу формируются сообщества.

Экологические условия техногенных экотопов отличаются большим разнообразием и специфичностью. Особенно широк интервал колебаний условий субстрата: от фитопригодных до фитотоксичных, непригодных для произрастания растений.

Из свойств субстрата наиболее важными индикаторами пригодности для роста растений в техногенных экотопах разных типов являются показатель pH субстрата, а также степень засоленности и токсичности. Одним из важных показателей для жизни растений в условиях техногенных экотопов является гранулометрический состав, поскольку для корневых систем растений наиболее важно наличие большего количества мелкозёма (частицы меньше 1 мм) – именно эти частицы определяют почти все важные свойства субстратов – водные, воздушные и т. д.

При исследовании гранулометрического состава преобладание каменистой части установлено в составе субстратов отвалов угольных шахт, отходов стройматериалов, пустых пород над залежами, разрабатываемыми открытым способом (вскрыш), отвалов флюсодоломитного и ртутного комбинатов, шлаковых отвалов металлургических заводов. Для шламов золотоотвалов, промплощадок заводов и урбанизированных территорий характерно преобладание мелкозёма.

Значение pH отвалов угольных шахт изменяется в широких пределах от сильнокислой до нейтральной и, в редких случаях, до щелочной реакции среды, что связано с гетерогенностью, а также степенью и стадией развития субстрата отвалов. Так, почвообразующие процессы в породе отвалов угольных шахт по мере поселения растений проходят в направлении изменения кислотности к уровню, который характерен для почв природных фитоценозов.

В результате наших исследований было установлено, что отвалы угольных шахт – гетерогенные образования, поэтому на территории отвалов встречаются участки с полностью безжизненным субстратом или с началом зарастания, большую же часть площади отвалов занимают сложные группировки растений с условиями эдафотопов (эмбриозёмов), которые приближаются к свойствам зональных почв нашего региона; для промплощадок же заводов, шлаковых отвалов, золотоотвалов, отвалов флюсодоломитного комбината характерна щелочная и часто сильнощелочная реакция среды, что является лимитирующим фактором для развития растений.

Что касается засоления, то нами была зафиксирована сильная степень засоления для субстратов отвалов

угольных шахт, находящихся на начальных стадиях сингенеза, для эдафотопов в стадии массового поселения растений характерно слабое засоление или его отсутствие; для субстратов же остальных изученных техногенных экотопов характерно отсутствие засоления. По анионам для отвалов угольных шахт, вскрыши, отходов стройматериалов характерны – сульфатный тип засоления, по катионам – кальциевый или магниевый-кальциевый. Для промплощадок заводов по анионам характерно хлоридно-сульфатное и по катионам – кальциево-натриевое или магниевый-кальциевое засоление; для отвалов флюсодоломитного комбината – содово-сульфатное засоление.

С учетом лимитирующих факторов, которые ограничивают рост растений, природного или спонтанного зарастания, и видовой ёмкости, мы выделяем четыре типа техногенных экотопов: I – неадаптивные, II – узко адаптивные, III – ограниченно адаптивные, IV – широко адаптивные [4].

Плотность и размещение растений

Антропогенный сингенез и сингенетические сукцессии растительных сообществ являются популяционными процессами. Сохранение и развитие свойств видов в техногенно изменяющихся условиях среды обеспечивает адаптация растений на популяционном уровне. В качестве особо показательных параметров в популяционном диагностировании адаптации видов растений в техногенных экотопах выступает плотность и размещение особей в пределах популяционного поля. Размещение особей топопопуляций видов растений в техногенных экотопах бывает различным: сплошным в некоторых частях популяционного поля, диффузным и локусным. Чаще всего гетерогенность экстремальных условий техногенных экотопов обуславливает неравномерность размещения особей и их групп, что сказывается на формировании горизонтальной пространственной структуры популяций, ее мозаичности. Особенности пространственной структуры в техногенных экотопах топопопуляций некоторых синантропных видов (амброзия *Ambrosia artemisiifolia* L., полынь *Artemisia absinthium* L., горец *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, горлюха *Picris hieracioides* L., циклахена *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. и др.) проявляется в сильной агрегированности особей, образовании ими отдельных локусов. Такие локусы можно рассматривать как приспособительную систему к неблагоприятным экологическим факторам на ранних этапах формирования популяции.

Очень важным для выявления адаптации растений в техногенных экотопах является учет такого популяционного параметра, как плотность, выражаемая числом особей на единицу площади популяционного поля (табл. 1).

Табл. 1

Плотность некоторых видов растений (число особей на 1 кв. м) в разных типах техногенных экотопов

Вид растения	Тип техногенных экотопов		
	IV широко адаптивные	III ограниченно адаптивные	II узко адаптивные
Гипсофила <i>Gypsophila scorzonrifolia</i> Ser.	31,40 ± 6,00	27,00 ± 4,73	5,3 ± 0,25
Подорожник <i>Plantago lanceolata</i> L.	39,00 ± 3,48	23,25 ± 4,23	14,25 ± 6,16
Резеда <i>Reseda lutea</i> L.	3,60 ± 0,20	3,50 ± 0,15	4,00 ± 0,40
Хлопушка <i>Oberna behen</i> (L.) Ikonn.	4,60 ± 0,31	7,80 ± 0,67	2,80 ± 0,15
Крестовник <i>Senecio vernalis</i> L.	6,50 ± 0,50	15,60 ± 4,84	10,00 ± 2,48

Плотность особей отдельного вида в топопуляциях может сильно варьировать не только в техногенных экотопах разных типов, но и даже в пределах одного техногенного экотопа, а также по годам и сезонам, что связано с типом экотопа, с неблагоприятными свойствами субстрата, либо с механическими его нарушениями (смыв семян, эрозионные размыты и наносы), с микроклиматическими условиями. Экстремальные экологические условия и стрессовые ситуации в техногенных экотопах, как правило, сначала вызывают изменения плотности, а затем и других популяционных параметров: онтогенеза, репродуктивной стратегии, возрастной и виталитетной структур, численности и жизнестойкости популяций. Причем для разных видов такие изменения неодинаковы, как неэквивалентны и оптимальные уровни плотности особей в популяциях. Следовательно, популяционная плотность может быть интегральным критерием выживания вида и его участия в процессах сингенеза в техногенных экотопах. Сочетание локальных топопуляций видов с аналогичными адаптивными свойствами формирует флористический комплекс или определенный видовой состав растительных сообществ на основе экологического соответствия условиям местобитания. При этом техногенная толерантность является индивидуальной для каждого вида.

Стадии сингенеза в техногенных экотопах

Абиотические условия антропогенно измененных техногенных экотопов очень отличаются от местных природных по эдафическим, гидрологическим, микроклиматическим и другим показателям. В связи с этим здесь формируются и специфичные, весьма разнообразные, флористические комплексы, которые характеризуются преобладанием антропохоров, в том числе синантропных и адвентивных растений [24, 26]. Особое внимание следует обратить на адвентивные растения, поскольку техногенные экотопы часто являются центрами проникновения, концентрации, формирования устойчивых популяций и активного размножения многих видов заносных растений. Это можно объяснить тем, что техногенные неозафотопы являются «пустыми нишами» новой среды, свободными от растений, часто недоступными для аборигенных видов [12], где многие адвентивные виды в силу их широкой экологической амплитуды и эволюции повышенной конкурентной способности находят фитоэкологическое соответствие [27].

Становление фитоценозов на природных обнажениях горных пород, на голой поверхности проходит, по А.П. Шенникову [23], три ступени: 1) пионерная группировка, где существенные взаимоотношения между растениями отсутствуют; 2) группово-зарослевое сообщество, в котором возникают взаимо-

отношения между составными компонентами, но характер распространения отдельных видов куртинный; 3) диффузное сообщество, где взаиморасположение растений принимает смешанный характер, распространение отдельных видов соответствует возможному минимуму конкуренции между компонентами сообщества.

Начало формирования фитоценоза обычно сопровождается экотопическим отбором, который происходит из-за поселения видов различных биоэкологических групп и наличия в пределах экотопа неодинаково благоприятных факторов для них. Взаимовлияние между видами еще отсутствует, фитоценоз еще не сформировался. Со временем экотопический отбор уменьшается, к нему начинает примешиваться фитоценотический отбор, который обуславливает образование фитоценоза: открытого → сомкнутого → замкнутого.

По В.Н. Сукачеву, сингенез – процесс первоначального формирования биогеоценоза, связанный с вселением (I), приживанием (II), а затем и конкуренцией организмов за свет, влагу, питательные вещества (III) [16, 17]. При восстановлении нарушенных степей в Казахстане, Молдове выделяют 5 этапов сукцессии, для техногенно нарушенных земель чаще всего обобщенно описывают 3 стадии сукцессии: молодая (1–10 лет); средняя (11–20 лет); поздняя (21–75 лет) [18, 25, 26].

В общих чертах процессы формирования растительных сообществ в техногенных экотопах имеют сходство с аналогичными процессами в природе. Но в силу специфичности техногенных экотопов, наличия у них ограничивающих факторов роста растений, а также значительной зависимости от флористического окружения и возможности попадания на их субстраты диаспор технотолерантных видов растений, процессы становления растительных сообществ здесь отличаются значительной продолжительностью и своеобразием (рис. 1).

В результате анализа материалов многолетних геоботанических и флористических исследований спонтанного зарастания первичных эдафотопов нарушенных промышленностью земель нами выделено четыре стадии антропогенного сингенеза в техногенных экотопах: фитомиграция; экотопическая адаптация и экотопический отбор видов; консолидация, группирование технотолерантных видов; формирование фитоценозов (табл. 2).

Нужно отметить, что четкой смены во времени данных стадий на территории, например, отвалов угольных шахт мы можем и не наблюдать. Отвалы угольных шахт – это гетерогенные образования, имеющие техногенные экотопы всех типов – от неадаптивных до широкоадаптивных. Поэтому в пределах одного отвала могут встречаться участки как с пио-

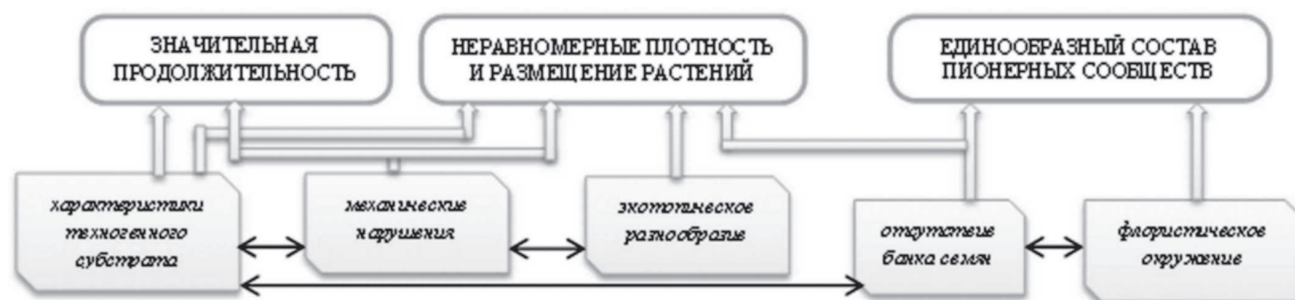


Рис. 1. Основные особенности антропогенного сингенеза в техногенных экотопах и обуславливающие их факторы

Стадии антропогенного сингенеза в техногенных экотопах

Стадия антропо-сингенеза	Характер зарастания	Общее проективное покрытие, %	Встречаемость наиболее распространенных видов растений (%) *		
			Тривиальное название	Систематическое название	%
Фитомиграция	Единичные растения-пионеры; редко	1,0–5,0	Полынь горькая Дурнишник Хлопушка Донник желтый, буркун Спорыш Синяк обыкновенный, румянка Гипсофила (качим, перекасти-поле) Павла Гипсофила пронзеннолистная Гипсофила скорзонеролистная Резеда желтая Солянка сорная, курай Мать-и-мачеха Циклахена дурнишниковидная Амброзия полыннолистная	<i>Artemisia absinthium</i> L. <i>Xanthium albinum</i> (Widder) H. Scholz <i>Oberna behen</i> (L.) Ikonn. <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall. <i>Polygonum aviculare</i> L. <i>Echium vulgare</i> L. <i>Gypsophila paulii</i> Klokov <i>G. perfoliata</i> L. <i>G. scorzonerifolia</i> Ser. <i>Reseda lutea</i> L. <i>Kali tragus</i> (L.) Scop. <i>Tussilago farfara</i> L. <i>Cyclachaena xanthifolia</i> (Nutt.) Fresen <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	10 10 20 20 30 30 30 30 40 40 40 40 40 60
Экологическая адаптация и экологический отбор видов	Экологические группировки; рассеянно-локусно	6,0–10,0	Двурядка тонколистная Тысячелистник паннонский, кашка Гипсофила (качим, перекасти-поле) Павла Гипсофила пронзеннолистная Гипсофила скорзонеролистная Бодяк щетинистый Пырей Донник желтый, буркун Люцерна посевная Резеда желтая Тонколуchnik	<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC. <i>Achillea pannonica</i> Scheele <i>Gypsophila paulii</i> <i>G. perfoliata</i> <i>G. scorzonerifolia</i> Ser. <i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Besser <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall. <i>Medicago sativa</i> L. <i>Reseda lutea</i> <i>Phalacrolooma annuum</i> (L.) Dumort s.l.	10 20 20 20 20 20 20 20 20 30 40
Консолидация, группирование технолентерантных видов	Простые агломеративные группировки; зарослево-групповое	11,0–20,0	Житняк гребенчатый Типчак Цикорий Подорожник ланцетный Икотник серо-зеленый, белоголовник Латук татарский, молококан Донник желтый, буркун Люцерна посевная Двурядка тонколистная Пырей	<i>Agropyron pectinatum</i> (M. Bieb.) <i>Festuca valesiaca</i> Gaudin <i>Cichorium intybus</i> L. <i>Plantago lanceolata</i> L. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC. <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey. <i>Melilotus officinalis</i> <i>Medicago sativa</i> <i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC. <i>Elytrigia repens</i>	10 10 20 20 20 30 30 30 40 40
Формирование фитоценозов	Динамичные открытые многовидовые рудерально-степные сообщества; локально-фрагментарно	21,0–80,0, реже 90,0	Шток-роза морщинистая, мальва Клевер изменчивый Полынь австрийская Лапчатка серебристая Зверобой продырявленный Пырей Кострец береговой Типчак Житняк гребенчатый Подмаренник распростертый Чистец трансильванский	<i>Alcea rugosa</i> Alef. <i>Trifolium ambiguum</i> M. Bieb. <i>Artemisia austriaca</i> Jacq. <i>Potentilla argentea</i> L. <i>Hypericum perforatum</i> L. <i>Elytrigia repens</i> <i>Bromopsis riparia</i> (Rehmann) Holub <i>Festuca valesiaca</i> <i>Agropyron pectinatum</i> <i>Galium humifusum</i> M. Bieb. <i>Stachys transsilvanica</i> Schur	10 25– 30 30 30 30 40 40 40 40 40

* Доля числа площадок (размером 1 м²), на которых встречен данный вид, в общем числе исследованных площадок.

нерной растительностью, так и уже такие участки, где идет формирование фитоценозов. В таком случае, отнесение к той или иной стадии антропогенеза должно идти параллельно с изучением растительности и оцениванием проективного покрытия, плотности и т. д. видов растений в пределах всей территории того или иного техногенного новообразования. На 1-й стадии из новых видов, которые внедряются в первичный экотоп, формируют устойчивые популяции лишь те из них, которые находят соответствие условиям среды (то есть, например, виды-галофиты, которые растут в условиях повышенного содержания солей); они могут переходить и в другие стадии, сохраняя свое проективное покрытие, уменьшая или увеличивая его в зависимости от изменяющихся (со временем) как условий среды, так и конкуренции со стороны других видов. Видовой состав может коренным образом не изменяться от стадии к стадии, меняется лишь проективное покрытие того или иного вида, все зависит от многих факторов, включая и фитоценотическое окружение техногенного экотопа.

Сингенез в техногенных экотопах территорий, нарушенных открытыми горными работами, проходит быстрее сравнительно с первичными образованиями подземных горнорудных работ, что связано с меньшей токсичностью субстратов и наличием природных участков растительности, часто окружающих карьеры. Так, стадии сингенеза мергельного карьера можно расписать следующим образом: 1) 1–3 года после окончания работ (10–20 видов растений); 2) 4–20 лет (40–70 видов); 3) 21–40 лет (180 видов); 4) 41–60 лет (180 видов). С развитием фитоценоза и приближением его состава к природной флоре видовое богатство практически перестает возрастать, что наблюдаем на данном примере. При этом качественный состав растительного покрова растет, о чем свидетельствует наличие редких, охраняемых растений, а также преобладание аборигенных видов.

На отвалах угольных шахт, шлаковых и золоотвалах после окончания эксплуатационных работ может пройти несколько десятков лет до появления хотя бы пионерных группировок. При проведении переформировки отвалов, отсыпки экранирующего слоя через 10–16 лет разнообразие фитосистемы может составлять до 40 видов растений. Первый этап на территориях, отсыпанных в результате добычи угля, затягивается на 35–40 лет, далее видовое богатство растет, и через 60–70 лет на таких территориях можно наблюдать участки 2–3-й стадии сингенеза (количество видов составляет от 85 до 120).

В условиях конкретного элементарного экотопа чаще всего можно четко выделить по типу растительных группировок ту или иную стадию сингенеза, или фрагментарное их сочетание. С учетом результатов долгосрочного мониторинга процесса спонтанного зарастания техногенных экотопов нами определены основные направления структурно-динамической и функциональной организации растительных сообществ: сингенетическое; техногенно-дигрессивное; относительно стабильное. Ведущую роль в становлении растительности в техногенных экотопах играет сингенетическое направление при локально-временном проявлении тенденций других направлений.

Сингенетический ряд в техногенных экотопах юго-востока Украины в общем можно представить следующим образом (рис. 2).



Рис. 2. Схема сингенетического ряда растительных группировок в техногенных экотопах юго-востока Украины

Выводы

В формировании растительных сообществ на первичных субстратах природного и антропогенного происхождения – прохождении стадий от миграции и поселения единичных пионерных растений до формирования фитоценозов, состав которых определяется различными факторами окружающей среды, – существуют общие закономерности. К общим факторам, влияющим на природные и антропогенные сукцессии растительности, можно отнести время восстановления, окружающую растительность, pH, влажность, физические характеристики субстрата, изоляцию и др. [28]. В то же время, общим для всех техногенных экотопов является наличие факторов эдафотопы, лимитирующих рост растений (сильнокислое или сильнощелочное значение pH, высокое засоление, токсичность, каменистость и др.). В зависимости от силы действия этих факторов на конкретных техногенных территориях варьирует видовой и биоэкологический состав растений, продолжительность процесса зарастания. В сравнении с процессами сингенеза природных обнажений, антропогенез в техногенных экотопах отличается большей продолжительностью и преобладанием антропохорных адвентивных и рудеральных видов с узкой экологической амплитудой (галофиты, кальцефиты, олиготрофы и т. д.), особенно на первых стадиях. Одним из основных факторов, определяющих скорость и успешность антропогенеза, является наличие и близость природных участков растительности с богатым видовым разнообразием, выполняющих роль семенных банков в спонтанном зарастании техногенных земель.

Литература

1. Бондарь Г.А., Додатко Э.Л. Сингенетические сукцессии растительного покрова на породах надугольной толщи Александрийского бурогоугольного месторождения // Рекультивация земель. Труды Днепропетровского с.-х. ин-та. – Т. 26. – Днепропетровск, 1974. – С. 50–61.
2. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. – Киев : Наук. думка, 1991. – 168 с.
3. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения. – М. : Наука, 1965. – 374 с.
4. Глухов А.З., Хархота А.И., Прохорова С.И., Азурова И.В. Фитоадаптивная типизация техногенных экотопов // Промышленная ботаника. – 2012. – Вып. 12. – С. 3–11.
5. Глухов О.З., Прохорова С.И., Хархота Г.И. Індикаційно-діагностична роль синантропних рослин в техногенному середовищі. – Донецьк : ООО «Вебер» (Донецька філія), 2008. – 232 с.
6. Глухов О.З., Прохорова С.И., Хархота Г.И. Основні концептуальні положення та стан формування бази даних «Фіторізноманітність техногенних екотопів» // Промышленная ботаника. – 2009. – Вып. 9. – С. 3–14.
7. Манаков Ю.А. Анализ пионерной стадии сингенеза на отвалах песчаниковых пород // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. – 2010. – № 5 (67). – С. 49–55.
8. Миронова С.И. Сукцессии растительности на техногенных ландшафтах Якутии // Биол. науки. – 2011. – № 11. – С. 602–605.
9. Остапко В.М., Бойко А.В., Мосякин А.С. Сосудистые растения юго-востока Украины. – Донецк : Ноулидж, 2012. – 247 с.
10. Парфенов В.И., Ким Г.А., Рыковский Г.Ф. Антропогенные изменения флоры и растительности Белоруссии. – Минск : Наука и техника, 1985. – 294 с.
11. Промышленная ботаника / [Е.Н. Кондрачук, В.П. Тарабрин, В.И. Бакланов, Р.И. Бурда, А.И. Хархота]. – Киев : Наукова думка, 1980. – 260 с.
12. Протопопова В.В., Шевера М.В. Фітоінвазії. II. Аналіз основних класифікацій, схем і моделей // Промышленная ботаника. – 2012. – Вып. 12. – С. 88–95.
13. Рева М.Л., Хархота А.И., Дмитренко П.П. Растительность техногенных земель в Донбасе // Растения и промышленная среда. – Свердловск : Изд-во Урал. ун-та, 1978. – С. 33–43.
14. Рева М.Л., Хархота Г.И. Про поселення рослин на териконах Донбасу // Інтродукція та експерим. екологія рослин. – 1973. – Вып. 2. – С. 97–100.
15. Рева М.Л., Хархота Г.И. Рослинність деяких антропогенних форм рельєфу Донецького кряжа // Інтродукція та експерим. екологія рослин. – 1975. – Вып. 4. – С. 17–24.
16. Сукачев В.Н. Идея развития в фитоценологии // Сов. ботаника. – 1942. – № 1/2. – С. 5–17.
17. Сукачев В.Н. Некоторые общие теоретические вопросы фитоценологии // Вопросы ботаники. – М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1964. – Т. 1. – С. 291–309.
18. Титлянова А.А., Афанасьев Н.А., Наумова Н.Б. и др. Сукцессии и биологический круговорот. – Новосибирск : ВС Наука, 1993. – 157 с.
19. Тохтарь В.К., Хархота А.И. Временная динамика флор техногенных территорий юго-востока Украины // Промышленная ботаника. – 2004. – Вып. 4. – С. 86–99.
20. Хархота А.И. Антропогенные изменения растительного покрова Донецкого кряжа: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Днепропетровск, 1981. – 25 с.
21. Хархота А.И. Становление и адаптация популяций растений в техногенных экотопах // Інтродукція та акліматизація рослин. – 1996. – Вып. 26. – С. 76–82.
22. Чибрик Т.С., Лукина Н.В., Филимонова Е.И., Глазырина М.А. Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2011. – 268 с.
23. Шенников А.П. Введение в геоботанику. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1964. – 441 с.
24. Gusev A.P. Features of plant succession in landscapes disturbed by anthropogenic activity (by example of southeastern Belarus) // Contemporary Problems of Ecology. – 2012. – Vol. 5 (2). – P. 174–178.
25. Hendrychova M. Reclamation success in post-mining landscapes in the Czech Republic: A review of pedological and biological studies // J. Landscape Stud. – 2008. – Vol. 1. – P. 63–68.
26. Kovar P. Application of vegetation similarity measure to assess habitat naturalness: a description of plant stand syngeneses as a management qualifier // J. Landscape Ecol. – 2012. – Vol. 5. – P. 50–57.
27. Kowarik I., Pysek P. The first step towards unifying concepts in invasion ecology were made one hundred years ago: revisiting the work of Swiss botanists Albert Thellung // Diversity Distrib. – 2012. – Vol. 18. – P. 1243–1252.
28. Prach K., Rehoukova K. Vegetation succession over broad geographical scales: which factors determine the patterns? // Preslia. – 2006. – Vol. 78. – P. 469–480.
29. Prach K., Rehoukova K., Rehounek J., Konvalinkova P. Ecological restoration of central European mining sites: A summary of a multi-site analysis // Landscape Research. – 2011. – Vol. 36. – P. 263–268.
30. Rehoukova K. Variability of spontaneous vegetation succession in disused gravel-sand pits: importance of environmental factors and surrounding vegetation / PhD. Thesis [in English]. – 2007. – University of South Bohemia, Faculty of Biological Sciences. České Budějovice, Czech Republic. – 100 p.
31. Tazabekova E.T., Amirasheva B.K., Amirasheva L.K. Bioremediation influence on syngeneses phytocenosis, microbe and zoocenosis of replantozem, formed on loess soils of south-east of Kazakhstan // Biol. Sci. – 2012. – P. 1–4.