

УДК 581.524

© С. П. Жуков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЗОННОЙ И СУТОЧНОЙ ДИНАМИКИ ТЕХНОГЕННЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ДЛЯ ИХ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ

*Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, пр. Ильича, 110
e-mail: ser64luk@yandex.ru*

Жуков С. П. Использование сезонной и суточной динамики техногенных биогеоценозов для повышения их устойчивости. – Учет сезонной и суточной динамики воздействия экологических факторов в техногенных биогеоценозах и подбор растений, биоритмы которых дают возможность использовать им для жизнедеятельности наиболее благоприятные периоды, позволяет расширить ассортимент фитомелиорантов, ускорить процессы развития эдафотопов и растительного покрова в условиях местообитаний с критическими значениями физико-химических свойств грунтов и гидротермических условий.

Ключевые слова: техногенный биогеоценоз, фиторекультивация, динамика.

Введение

В последние десятилетия происходила интенсивная техногенная трансформация территорий Украины, особенно в промышленных регионах, где сложилась кризисная ситуация. Так, на юго-востоке Украины наблюдается самый высокий общий коэффициент смертности, равный 17,5-17,8 человек на тысячу населения, при одном из самых низких коэффициентов рождаемости (8,7-9,0/1000), что не случайно соответствует и самому высокому уровню техногенной нагрузки, например, количество выбросов в атмосферу только в Донецкой области (1589,9 тыс. т) превышает такой же параметр в 14-ти западных и центральных регионах Украины вместе взятых (1527,3 тыс. т, без Киевской области) [2]. Последние годы демонстрируют все усиливающиеся проявления глобального потепления, которое уже в ближайшие десятилетия может иметь катастрофические последствия, дестабилизация климатотопы ведет к снижению устойчивости природных ценозов и непредсказуемым флуктуациям всей биоты в целом. Ведущим фактором этого процесса является разрушение природных биогеоценозов и замещение их на техногенные, производные экосистемы, которые эволюционно не развиты и не способны заменить природные и выполнять их роль в глобальных циклах [1, 4-6, 8, 9]. Фиторекультивация и восстановление техногенных территорий на данном этапе развития цивилизации – это необходимость. Но зачастую условия в техногенных биогеоценозах неблагоприятны для многих растений. Поэтому перспективно применение закономерностей функционирования данных экосистем в процессе рекультивации.

Цель нашей работы – выявить возможности ускорения рекультивации и повышения устойчивости техногенных биогеоценозов и фиторекультивантов в них за счет использования их сезонной и суточной динамики.

Материал и методы исследования

В изучение включены различные техногенные биогеоценозы, широко представленные в Донбассе, в том числе отвалы шахт, карьеры и отвалы открытых разработок полезных ископаемых, стройматериалов, огнеупорных глин и т. п. Основная часть исследований выполнена на объектах угольной промышленности в г. Донецк и г. Макеевка, производственного объединения «Свердловантрацит», на Донецком и Макеевском металлургических и Авдеевском коксохимическом заводах, Докучаевском флюсоделомитном комбинате и Комсомольском рудоуправлении. При этом применялись традиционные методы маршрутных исследований и велось наблюдение на постоянных пробных площадях.

Результаты и обсуждение

Влияние сезонной динамики техногенных биогеоценозов отвалов шахт уже упоминалось при обсуждении устойчивости растений к повышенной кислотности этих

эктопов [7]. При этом повышение устойчивости растений к действию неблагоприятных факторов происходит за счет избегания активных процессов жизнедеятельности в периоды максимального проявления этих факторов, то есть летом и в начале осени. Вместе с кислотностью максимальных значений в это время достигают также засоленность почв, их фитотоксичность, обусловленная подвижностью ионов металлов в кислой среде. Это сопровождается обычно и низким уровнем влажности почвы вследствие неравномерного выпадения осадков по сезонам и повышенного испарения влаги в теплый период. В других техногенных экотопах с отсутствием повышенной кислотности, например, на отвалах вскрыши, неблагоприятное воздействие в летнее время обусловлено именно засоленностью. У многих травянистых степных растений как приспособление к переживанию периода засушливых зональных условий и выработалась соответствующая сезонная динамика активности. Древесные растения за счет более глубокой корневой системы обычно лучше переносят такие периодические ухудшения экотопа, хотя длительные засухи в последние годы неблагоприятно сказывались и на древесных насаждениях городов, например, в 2010-2011 гг. выпала большая часть березы по пр. Ильича г. Донецка в районе дворца спорта «Дружба». Впрочем, в условиях некоторых техногенных экотопов, например, на отвале шахты № 5-6, находящейся в том же районе, или на отвале шахты «Ганзовка», находящейся на продолжении пр. Ильича, устойчивость той же березы к длительной засухе оказалась выше и состояние деревьев заметно лучше. Такое явление связано со спецификой формирующихся техногенных почвенных субстратов, в которых преобладает каменистая фракция, вследствие чего не происходило, как в зональных почвах, формирования глубоких трещин толщиной до 2-3 см, способствовавших вентиляции и сильному иссушению глуболежащих слоев почвы. Дополнительным фактором, снижающим проявления летней засухи на отвалах, может служить конденсация влаги в пустотах породы при суточных колебаниях температуры и проникновении воздуха вглубь отвала за счет крупнопористости субстратов.

Имеется и специфическая группа растений эфемеров и эфемероидов, как собственно и других раннецветущих, рановегетирующих и быстро дающих плоды растений, иногда выделяемых в группу гемиэфемероидов [4], адаптировавшихся к сезонным колебаниям климата в нашей зоне. В техногенных условиях весьма часто встречаются растения этой группы, имеющие эксплерентные свойства. Например: *Holosteum umbellatum* L., *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Capsella bursa-pastoris*, *Senecio vernalis* Waldst. et Kit., *Erophila verna*, *Thlaspi perfoliatum* L., *Arenaria uralensis* Pall. Ex Spreng., *Poa bulbosa* L.

При этом эти виды осваивают разные виды техногенных экотопов: отвалы угольных шахт, промплощадки, пути сообщения, карьеры и отвалы вскрышных пород. Так, типичный эфемер *Holosteum umbellatum* отмечен нами в разных городах и на многих отвалах шахт: «Кучерова», № 1-1, им. Карла Маркса, «Чулковка-8» и др. При этом, в частности, на отвале шахты «Кучерова» в 1990-2010 гг. он играл заметную роль в развитии первичных почв и формировании растительного покрова в верхней части отвала, вдоль хребта, образованного по линии движения вагонеток с породой по отвалу. Густота растений этого вида достигала 165 особей на квадратный дециметр при высоте 5-17 см. Порода в этом месте отвалов характеризуется преобладанием мелких фракций вследствие сегрегации её при отсыпке и соответственно высоким содержанием окисляющихся соединений, что ведет к повышенной засоленности и подкисленности этого участка, формированию длительно действующих очагов горения. Из-за этого большинство видов естественно поселяющихся растений не могут освоить этот экотоп, и требуется длительное время для формирования пионерной растительности. На склонах северной экспозиции тут вместе с *H. umbellatum* пионером стал и мох *Ceratodon purpureus* (Hedv.) Brid., по наблюдениям на скалистых участках отвалов или на спекшихся массивах породы способный за 25-30 лет сформировать слой перегнивших остатков толщиной до 2 см и более. Исходя из соотношения биомасс эфемера и мха, эфемер должен был бы вносить даже больший вклад в первичное почвообразование, но на склоновых участках, возможно, большая часть продуцируемой наземной фитомассы после

ее отмирания сносилась ветровыми и водными потоками, а подземная часть имеет сравнительно небольшую по сравнению с надземной фитомассу. Тем не менее за двадцатилетний период наблюдений граница явного почвообразования и постоянного растительного покрова отвала поднялась на 35 м вдоль хребтовой части отвала. При этом, видимо, значительную роль сыграло и продолжающееся физическое выветривание пород и вымывание солей.

Некоторые виды с рассматриваемым типом адаптации, например, *Anisantha tectorum* и *Senecio vernalis* встречаются практически во всех техногенных экотопах сначала массово в составе пионерных сообществ, а потом локально или рассеянно по всей территории. При этом *A. tectorum* образует после отмирания и засыхания стерню, длительно удерживающуюся на поверхности отвала и накапливающую отмирающие части других растений. Биомасса у этого вида намного больше, чем у *H. umbellatum*, соответственно и вклад в почвообразование и развитие биогеоценозов выше.

Близки к эфемерам и ранневегетирующим видам по адаптации к сезонной динамике условий техногенных экотопов и некоторые другие растения, использующие влажный осенне-зимний период, но плодоносящие уже в июле–августе. Часто это озимые двулетники, например, недавно занесенный в Донецк вид *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., впервые отмеченный нами на отвалах шахт в конце 1990-х гг. и в настоящее время широко распространившийся на породных отвалах, в других техногенных экотопах, прошедший там адаптацию к местным климатическим условиям при низкой конкуренции. При этом, видимо, происходили и процессы генетического изменения популяционных структур данного вида, в результате чего в 2011 г. на отвалах Буденовского района г. Донецка наблюдалось появление двух форм, различающихся по времени цветения на 2-3 недели, возможно, вследствие формирования относительно раннецветущей формы. Если в предыдущие годы часто отмечалось массовое усыхание растений в начале плодоношения (что могло в форме отбора ранее созревших особей сыграть и направляющую роль), то ускорение этого процесса повышает количество сформированных семян на растении и дает соответствующее преимущество новой форме. Также в последние несколько лет этот вид появился уже на территории города в условиях зональных экотопов. Вследствие некоторой декоративности, ромашковидности соцветий в урбаноэкотопах он приобретает дополнительное конкурентное преимущество. Часто при выкашивании территорий распространения амброзии оставляют целыми участки одновидовых зарослей этого вида или отдельных особей в палисадниках среди цветов, что наблюдалось, например, на ул. Лабутенко, Интернациональной в г. Донецке. В условиях же породных отвалов он встречается преимущественно в составе пионерных сообществ или на длительно не зарастающих участках. При этом часто вместе с амброзией, с которой успешно конкурирует несмотря на большую мезофильность, именно за счет развития в осенне-зимний период, благодаря чему к началу прорастания амброзии имеет развитые растения. В перспективе возможно использование *Phalacrolooma annuum* для борьбы с этим аллергенным видом в техногенных экотопах после оценки возможной биологической и эволюционной опасности внедрения этого вида в местные сообщества.

В техногенных биогеоценозах у некоторых видов наблюдается трансформация последовательности или протяженности некоторых фаз развития, видимо, вследствие реакции на техногенно измененные условия местообитаний. Наблюдается возникновение так называемых неотенических форм, например, у *Persicaria maculata* или у однолетних видов рода *Senecio* на вершинах породных отвалов или на участках с последствиями воздействия очагов горения могут образовываться особи высотой в 5-7 см с формированием всего нескольких цветков (отвалы шахт им. Ленина, № 5-6, «Ганзовка», «Заперевальная» и многие другие). При этом обычно имеется и ускорение прохождения фаз жизненного цикла. Ряд видов уже сейчас характеризуются высоким полиморфизмом, например, *Senecio vernalis*, *Arenaria uralensis*, *Geum urbanum*, что позволяет использовать их для выявления индикаторных морфомаркеров техногенного загрязнения среды [3]. Такие неотенические формы могут иметь эволюционное значение, хотя учитывая наличие значительных

популяцій цих видів в менше трансформованих екотопах регіону, оточуючих отвали вугільних шахт, вероятно растворение цих форм при розмноженні внаслідок дії стабілізуючого відбору [10]. При виникненні механізмів репродуктивної ізоляції або при подальшому зростанні і змиканні техногенних територій, то єсть розповсюдженні непрямо через техногенні екотопи, а не за допомогою обміну з оточуючими популяціями, можлива стабілізація даних форм і подальше їх участь в процесах філогенезу і філоценогенезу в умовах техногенних біогеоценозів.

Друга форма динаміки, яка має значення при проведенні рекультивування техногенних екотопів, – суточна, в основному пов'язана з вибором перспективних фітомеліоруючих рослин, які мають САМ-метаболізм, з родини Толстянкових (Crassulaceae). Саме, САМ-метаболізм є як раз пристосуванням до умов недостатнього зволоження, що дуже характерно для техногенних біогеоценозів, особливо різних відвалів, на схилах яких накопичуються жорсткі гідротермічні умови вже внаслідок самої їх форми. Найбільш напружені умови при цьому характерні для схилів південних експозицій, за «правилом попередження» Аліхіна відповідають більш південній зоні. Днем температура приземного шару повітря тут може досягати 60°C. Тому види толстянкових з рознесеним в часі суттєвими процесами дихання і фотосинтезу і зменшеною внаслідок цього транспірацією в денне час володіють підвищеною стійкістю до таких умов. До теперішнього часу з місцевих флор в техногенних екотопах відзначалися *Sempervivum ruthenicum* Schnittsp. et C. B. Lehm., *Sedum ruprechtii* (Jalas) Omelcz. і *Sedum acre* L., останній більш або менше масово зустрічається в кар'єрах і на отвалах з легкими піщаними і супіщаними субстратами, наприклад, в Артемовському районі Донецької області. Зустрічаються також види, одичавілі з культури, наприклад, єдиничні екземпляри *Sempervivum tectorum* L. в техногенних екотопах міст. Інші ж два види, поширюючись в техногенні біогеоценози з культури, – *Sedum spurium* Vieb. і *S. reflexum* L., зустрічені на отвалах вугільних шахт в значительному кількості. *S. spurium* сформував численну популяцію на західному схилі відвала шахти Петровська, там же зустрічається і *S. reflexum*, обидва види утворюють на схилі плями з одного або з обох видів поперечником до 4-5 м. Відзначений в 1990-х гг. тут же в невеликій кількості екземплярів *S. ruprechtii* в теперішній час, видимо, вийшов з спільнот відвалів. Можливо, вторичне заселення відвала землеробними рослинами відбулося після формування терраси з породи поруч з південно-східним схилом внаслідок потрапляння на схил з побутовим мусором.

Також тривале час спостерігається популяція *S. reflexum* на відвалі шахти «Ленінградка» на межі г. Донецька і г. Макіївка, куди цей вид потрапив, видимо, з сусіднього кладбища. Тут в 1997 г. було виявлено розповсюдження цього виду на основі північного схилу на площі близько 35 м². В порівнянні з відвалом шахти «Петровська», де плями рослин представлені звичайно майже чистими їх заростями, тут спостерігається більш рідке вирощування *S. reflexum*, при якому він поєднується з іншими трав'янистими рослинами. Через десять років, в 2007 г. популяція цього виду розповсюдилася в обидва сторони по схилах (північному і східному) і піднялася вище середини схилу. А в теперішній час *S. reflexum* розповсюдився вже і на верхівку відвала шахти «Ленінградка» (Пограничний), то єсть на висоту близько 10 м, займаючи площу більш 180 м². В популяціях рослин на обох отвалах відзначено їх регулярне цвітіння і плодоношення.

Очевидно, що розповсюдження цих видів зумовлено особливостями їх розмноження і розповсюдження насіння і інших діаспор. В теперішній час проходить випробування *S. reflexum* і *Sedum spurium* на інших родових отвалах в різних умовах едафотопу. Дані види можна вважати володіючими високим фітомеліоративним потенціалом в умовах техногенних біогеоценозів, стійкістю до вирощування в екотопах з недостатнім зволоженням і до перенесенню тривалих засушливих періодів, спостережених в останній час. Їх застосування при фітомеліорації і впровадження в уже

сформированные сообщества техногенных экотопов позволит смягчить условия и для других видов растений, а также ускорить процессы развития эдафотопа.

Выводы

Учет сезонной и суточной динамики воздействия экологических факторов в техногенных биогеоценозах и подбор растений, эффективно использующих для жизнедеятельности наиболее благоприятные периоды, позволяет расширить ассортимент фитомелиорирующих растений, ускорить процессы развития эдафотопов и растительного покрова в условиях местообитаний с критическими значениями физико-химических свойств почвенных субстратов и гидротермических условий.

Список литературы

1. Амосов М. Світ на порозі ХХІ століття / М. Амосов // Вісн. НАН України. – 1999. – № 10. – С. 3–14.
2. Где в Украине самые здоровые люди // Комментарии. – 2011. – № 30-31. – С. 4–5.
3. Глухов А. З. Экоморфологический анализ раннецветущих видов растений в техногенных экотопах юго-востока Украины / А. З. Глухов, А. И. Хархота, С. И. Прохорова, И. В. Агурова, С. П. Жуков // Экология и ноосферология. – 2011. – Т. 22, № 3–4. – С. 48–57.
4. Лескова О. А. Эколого-биологические особенности раннецветущих растений Восточного Забайкалья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаника», 03.00.16 «Экология» / О. А. Лескова. – Чита, 2006. – 20 с.
5. Деревянская А. Г. Эфемеры и эфемероиды во флоре техногенного мегаполиса Донецк–Макеевка / А. Г. Деревянская // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: матер. VIII Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів (Донецьк, 14–16 квітня 2009 р.). – Донецьк, 2009. – Т. 1. – С. 33–34.
6. Дідух Я. П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії / Я. П. Дідух // Вісн. НАН України. – 2009. – № 2. – С. 35–44.
7. Жуков С. П. Растения, устойчивые к повышенной кислотности почв в фитоценозах отвалов Донбасса / С. П. Жуков // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2011. – № 1 (11). – С. 230–234.
8. Кондратьев К. Я. Глобальный круговорот углерода: состояние, проблемы и перспективы / К. Я. Кондратьев, В. Ф. Крапивин // Исследования Земли из космоса. – 2004. – № 3. – С. 1–10.
9. Makarieva A. M. How valid are the biological and ecological principles underpinning Global Change science? / A. M. Makarieva, V. G. Gorshkov, B. Mackey, V. V. Gorshkov // Energy & Environment. – 2002. – № 13 (3). – P. 299–310.
10. Шмальгаузен И. И. Факторы эволюции (теория стабилизирующего отбора) / И. И. Шмальгаузен. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1946. – 396 с.

Жуков С. П. Використання сезонної та добової динаміки техногенних біогеоценозів для їх фіторекультивуації. – Облік сезонної й добової динаміки впливу екологічних факторів у техногенних біогеоценозах і добір рослин, біоритми яких дають можливість використати їм для життєдіяльності найбільш сприятливі періоди, дозволяє розширити асортимент фітомеліорантів, прискорити процеси розвитку едафотопів і рослинного покриву в умовах місцезростань із критичними значеннями фізико-хімічних властивостей ґрунтів і гідротермічних умов.

Ключові слова: техногенні біогеоценози, фіторекультивуація, динаміка.

Zhukov S. P. Using of seasonal and daily dynamics of technogenic biogeocenoses to increase their phytorecultivation. – Accounting of seasonal and daily effects of environmental factors in man-made biogeocenoses and selection of plants with biorhythms which give them the possibility to use the most favorable periods for their life allow specialists to expand the range of plants for phytomelioration, accelerate the processes of ecotopes development and vegetation in habitats with critical physical and chemical properties of soils and hydrothermal conditions.

Key words: technogenic biogeocenosis, plant amelioration, dynamic.