

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД**

**ПРОМЫШЛЕННАЯ БОТАНИКА
INDUSTRIAL BOTANY**

Сборник научных трудов

Основан в 2000 г.

Выпуск 12

Донецк 2012

УДК 581.5:502.7:581.522.4:712:575.17:581.1

Промышленная ботаника. Сборник научных трудов. – Донецк: Донецкий ботанический сад НАН Украины. – 2012 г. – Вып.12. – 000 с.

ISSN 1728-6204

В сборнике рассматриваются вопросы промышленной ботаники: фитоэкологии, изучения и сохранения биоразнообразия в условиях антропогенеза, интродукции растений, генетических и физиолого-биохимических особенностей растений в антропогенно трансформированной среде.

Для ботаников, экологов, биологов, генетиков, работников зеленого строительства, преподавателей, аспирантов и студентов.

У збірнику розглядаються питання промислової ботаніки: фітоекології, вивчення і збереження біорізноманіття за умов антропогенезу, інтродукції рослин, генетичних та фізіолого-біохімічних особливостей рослин в антропогенно трансформованому середовищі.

Для ботаніків, екологів, біологів, генетиків, працівників зеленого будівництва, викладачів, аспірантів і студентів.

The collected papers regard the issues of industrial botany: phytoecology, biodiversity study and conservation under the conditions of anthropogeogenesis, introduction of plants, genetic and physiological-biochemical features of plants in the anthropogenous transformed environment.

Intended for botanists, ecologists, biologists, geneticists and specialists in urban forestry, teachers, postgraduates and students.

Редакционная коллегия:

*Чл.-кор. НАН Украины, д.б.н. А.З. Глухов (главный редактор);
акад. НАН Украины, д.б.н. В.Г. Радченко; чл.-кор. НАН Украины, д.б.н. И.С. Косенко;
чл.-кор. НААН Украины, д.б.н. Д.Д. Сигарева; чл.-кор. НАН Украины, д.б.н. А.П. Травлев;
д.б.н. Н.А. Белова; д.б.н. М.И. Бойко; д.б.н. Р.И. Бурда; д.б.н. И.И. Коршиков;
д.б.н. В.М. Остапко (зам. главного редактора); д.б.н. Д.В. Политов (Россия);
д.б.н. А.К. Поляков; д.б.н. И.Д. Соколов; д.б.н. В.К. Тохтарь (Россия);
д.б.н. В.Т. Ярмишко (Россия); к.б.н. А.В.Бойко (ответственный секретарь);
к.б.н. С.Н. Привалихин; к.б.н. С.А. Приходько*

Редактор: *к.б.н. А.И. Хархота*

Адрес редколлегии:

83059 Донецк 59, просп. Ильича, 110,
Донецкий ботанический сад НАН Украины
Тел.: (062) 294-12-80
e-mail: donetsk-sad@mail.ru

Свидетельство о государственной регистрации – КВ 4076

*Утверждено к печати ученым советом
Донецкого ботанического сада НАН Украины
(протокол № 13 от 08.11.12г.)*

© Авторы статей, 2012

© Донецкий ботанический сад НАН Украины, 2012

ФИТОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 581.9:581.52

А.З. Глухов, А.И. Хархота, С.И. Прохорова, И.В. Агурова

ФИТОАДАПТИВНАЯ ТИПИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОТОПОВ

техногенные экотопы, типизация, фитоэкологическое соответствие, адаптация, спонтанное зарастание

Введение

Интенсивное развитие промышленности в мире, наряду с позитивным эффектом, приводит к неблагоприятным последствиям, проявлением которых являются экологические проблемы. Наиболее актуальные из них – это гармонизация взаимоотношений между человеком и природой, ликвидация или уменьшение негативных изменений под влиянием антропо-техногенной нагрузки на окружающую среду, которые связаны с нарушением целостности биогеоценологического покрова, деградацией природных ландшафтов и сопровождаются возникновением техногенных земель, где спонтанно протекают сукцессии биологических сообществ. Они отличаются особенно высоким уровнем антропогенеза в дестабилизации окружающей среды. Один из основных источников этого влияния – добыча полезных ископаемых. На нарушенных горнодобывающей промышленностью территориях и прилегающих к ним участках происходит деструкция почв и растительного покрова, геологического строения, коренное изменение гидрогеологических и экологических условий. Причем масштабы косвенного воздействия зачастую превышают в несколько раз прямые нарушения.

Большие площади техногенных земель, их негативное влияние на окружающую среду ставят проблему оптимизации и фиторекультивации этих территорий в ранг очень важных и актуальных. В связи с этим большое значение приобретает определение современного состояния экологических условий, возможности, направления и темпов восстановления их растительного покрова. В результате техногенного вторжения человека в природные экосистемы формируются специфические экотопы, характеризующиеся неоднородностью и своеобразием экологических условий, особенно эдафотопов и аэротопов. Они представляют собой своеобразную арену для первичного становления и развития растительного покрова. Актуальным является исследование популяций, группировок спонтанно поселившихся видов растений, их адаптаций в контексте типизации техногенных экотопов по их фитоэкологическому соответствию с целью прогнозирования динамики их состояния, определения возможности и направления биологической рекультивации нарушенных земель.

Цель

Целью настоящей работы является определение концептуальных положений фитоадаптивной типизации техногенных экотопов и проведение их типизации по признаку фитоэкологического соответствия.

Объекты, материалы и методика исследований

Объект исследования – естественная растительность техногенных территорий. В основу работы положены материалы исследований и наблюдений авторов. Полевые исследования проводили в течение 1966 – 2012 гг. на территориях индустриальных регионов Украины и России (Донбасс, Кривбасс, Приднепровье, Львовско-Волынский угольный бассейн, Подмосковье, Урал). Материалы собирали в процессе рекогносцировочно-маршрутных, детально-маршрутных

и полустационарных исследований. Изучение растительного покрова техногенных территорий проводили в соответствии с общепринятыми методами флористики и геоботаники.

Процессы естественного зарастания породных субстратов горнорудных разработок относятся к сингенетическим сукцессиям растительности. При исследовании естественного зарастания различных неодафотопов особое внимание обращали на видовой состав, покрытие, встречаемость и насыщенность. Тщательное изучение указанных аналитических признаков позволило ближе подойти не только к выявлению качественного своеобразия, возрастных этапов сингенеза на различных стадиях становления растительного покрова, но и определить лимитирующие факторы, ограничивающие фитоэкологическое соответствие различных техногенных экотопов.

Исследование фитопригодности техногенных неодафотопов породных отвалов угольных шахт, карьерно-отвальных комплексов горнорудных разработок и других нарушенных земель проводили путем комплексного изучения их физико-химической и минералогической основы, естественного процесса самозарастания, эколого-биологического анализа видового состава [1, 2, 10] и индикационно-диагностической оценки формирующихся растительных группировок [22, 24, 7].

Результаты исследований и их обсуждение

К техногенным экотопам обычно относят экотопы, возникшие в процессе промышленной деятельности человека, вызвавшей катастрофические или коренные изменения в растительном покрове [3, 7, 12]. Они приурочены к территориям карьерно-отвальных комплексов, горнорудных разработок, промышленных предприятий, отвалов угольных шахт, шлакоотвалов, золоотвалов, шламоотстойников и т.п. В силу этого экологические условия их (в частности, эдафотоп, аэротоп), как правило, не имеют природных аналогов. Приведем в нашем понимании дефиницию «техногенный экотоп». Техногенный экотоп – это совокупность измененных техногенезом абиотических условий среды данного участка, представляющего собой первичное или вторичное местообитание для заселения растений и формирования растительных группировок.

Приоритетной задачей на современном этапе развития экологического направления промышленной ботаники является определение фитопригодности техногенных экотопов через установление биоэкологических адаптаций отдельных видов и растительных группировок к новым, часто экстремальным, экологическим условиям [6]. Это направление основывается на концепции специфичности и динамичности экологических параметров техногенно трансформированной среды как основополагающем факторе, с которым связана выработка стратегий выживания растений в стрессовых условиях местообитаний [7].

Несмотря на флористический и геоботанический интерес к техногенно трансформированным территориям [3, 4, 18 – 20, 25 – 29], проблема фитоэкологического соответствия техногенных экотопов, в частности вопрос типизации их большого разнообразия, не получила должного освещения. Ранее нами была предпринята попытка типизации техногенных территорий по фитоэкологическому соответствию их эдафотопов [7].

На основе специально проведенного анализа результатов многолетних широкомасштабных флористических и геоботанических исследований нарушенных промышленностью земель различных категорий нами определены основные концептуальные положения фитоадаптивной типизации техногенных экотопов.

- ❖ Основной постулат – единство растений и среды их обитания [5, 17].
- ❖ Необходимо исходить из биогеоценотических принципов и системного подхода при выделении и сведении различных техногенных экотопов в определённые типы по общим признакам их фитоэкологического соответствия.
- ❖ Фитоэкологическое соответствие техногенных экотопов – это наличие пригодных условий для роста и развития растений относительно их биоэкологических требований.
- ❖ Техногенные экотопы являются результатом непрерывного действия во времени и пространстве абиотических и биотических факторов и мощного трансформирующего влияния антропогенного фактора, отражающего промышленную деятельность человека.

- ❖ Существующая взаимосвязь между физико-химическими характеристиками субстратов и процессами сингенеза растительности на эдафотопх техногенного происхождения даёт возможность использовать фитокомпоненту как интегральный показатель состояния техногенных экотопов и формирующихся биогеоценозов в целом.
- ❖ Фитоэкологическое соответствие различных типов техногенных экотопов проявляется в их экологическом объёме и видовой ёмкости.
- ❖ Дифференцированная оценка фитопригодности техногенных земель проводится с учётом расположения их в различных природных зонах.

Наши многолетние фитоэкологические исследования в индустриальных регионах дают возможность утверждать, что сосудистые растения проявляют свой биоэкологический потенциал в экстремальных условиях техногенной среды, приспосабливаясь к ней в соответствии со своими биологическими и экологическими особенностями. Так, в техногенных экотопах рост, развитие и даже внешний вид растений (габитус) зависят от того, в какой степени отвечают экологические условия местообитания требованиям тех или иных видов растений.

При определении типов техногенных экотопов по признаку фитоэкологического соответствия нами были приняты и обоснованы следующие критерии их обобщённой характеристики: основные лимитирующие факторы, ограничивающие рост растений; естественное зарастание; экологический объём и видовая ёмкость.

Лимитирующие факторы. Растения нельзя отделить от конкретной среды, которая окружает их и вместе с которой они образуют единую систему [30]. Жизненные возможности их обеспечиваются условиями местообитания и лимитируются комплексом экологических факторов, количество и разнообразие которых близко к необходимому организму минимуму [9, 11]. «Любое условие, приближающееся к пределу толерантности или превышающее его, называется лимитирующим условием, или лимитирующим фактором» [11, с. 248].

Исходя из закона единства «организм – среда», по В.И. Вернадскому [5], жизнь развивается в совокупном единстве среды и населяющих её организмов. А поскольку отношения организма и его среды системны, действует принцип экологического соответствия: форма существования организма всегда соответствует условиям его жизни [17]. С учетом этих закономерностей, на основе многолетних фитоэкологических исследований нарушенных промышленностью земель установлено, что с ними связано большое разнообразие специфичных местообитаний, представляющих собой неозафотопы для поселения различных видов растений, которые характеризуются неодинаковым соответствием экологических условий генетической предопределённости, биоэкологическому потенциалу растительных организмов. При этом были выявлены основные лимитирующие факторы, ограничивающие вегетацию растений в техногенных экотопах.

В техноэкосистемах совокупность лимитирующих факторов воздействует сильнее всего на те фазы развития растений, которые имеют «наименьшую экологическую валентность» (по Н.Ф. Реймерсу) [17, 21] – температура, вода, реакция почвенного раствора, засоление, токсические химические продукты выветривания (например, образование серной кислоты при окислении пирита) и находятся в зоне пессимума (угнетения).

Во всех вскрышных горных породах остро ощущается недостаток питательных веществ, особенно азота, и формируется нестабильный гидрологический режим. Выявлены и специфические ограничивающие условия. В глинистых породах к их числу относятся неблагоприятные физические свойства и солёность, а в некоторых их разновидностях – присутствие закисного железа и пирита. В неозафотопх, сложенных углистыми пиритсодержащими сланцами или глинами (на терриконах угольных шахт) процесс окисления сульфидов сопровождается не только образованием сильной минеральной кислоты, но и повышением температуры, часто наблюдается самовозгорание углистых пород. В песчаных отложениях особенно сильно выражены недостаток питательных веществ и крайне неблагоприятные водные свойства. Среди лессовидных и красных суглинков встречаются неблагоприятные засоленные разновидности.

Приведем в качестве примера экологический ряд вскрышных пород по мере возрастания количества и степени проявления ограничивающих факторов: лессовидные суглинки → красно-бурые суглинки → песчано-глинистые отложения → зеленовато-серые мергелистые глины → лессовидные и красно-бурые засоленные суглинки → красно-бурые глины → зеленовато-серые бескарбонатные плотные глины → чистые третичные и четвертичные песчаные отложения → третичные чёрные сланцевые глины [9]. Этот ряд показывает, что по мере возрастания напряженности лимитирующих факторов неоздафотопов, сложенных этими породами, сужается диапазон фитоэкологического соответствия техногенных экотопов.

Таким образом, проявление комплекса лимитирующих факторов может служить отличительным признаком фитоэкологического соответствия различных техногенных экотопов, характеризует их специфику и адаптивную дифференциацию для освоения определенными биоэкологическими группами растений с широким диапазоном толерантности к экстремальным условиям среды.

Естественное зарастание. Естественная растительность – это основной интегральный показатель при определении фитоэкологического соответствия техногенных экотопов различных типов. Под естественной растительностью мы понимаем формирующиеся в условиях данных экотопов растительные группировки из спонтанно поселяющихся видов растений. Саморазвитие фитоценозов в первичных экотопах антропогенного происхождения классифицировано нами как антропогенный сингенез [12, 22].

Колонизация растениями техногенных экотопов происходит в три фазы: попадание диаспор, прорастание их и выживание, формирование популяций и клонов. Эти фазы являются, по существу, первой стадией формирования растительности. Последующие стадии, характер и темпы естественного зарастания техногенных экотопов определяются их возрастом, физико-химическим состоянием эдафотопов, их лимитирующими факторами, особенностями рельефа, микроклимата, эрозией, флористическим окружением, возможностью миграции новых видов, их экотопическим отбором и адаптацией [7, 16, 17, 22].

Главной особенностью естественной растительности техногенных экотопов является сукцессионная динамичность с выраженным преобладанием процессов сингенеза. Для сингенетических процессов, происходящих в специфических условиях этих экотопов, характерны значительная продолжительность, определённая последовательность стадий и фаз, адаптивное размещение растений различных жизненных форм и экологических групп, формирование ценозов со специфическими структурно-функциональными особенностями [22]. По флористическому и фитоценологическому составу они несут зональный отпечаток [7, 18 – 20]. В формировании флористического состава принимают участие, кроме эвритопных сорных видов, типичные степные, петрофильные, опушечно-лесные и луговые растения. Одним из основных признаков флоры техногенных экотопов является её крайняя бедность, что свидетельствует о глубокой антропогенной трансформации аборигенных флор [3].

Следовательно, характер естественной растительности, видовой состав и пространственная приуроченность спонтанных растительных группировок к техногенным экотопам различных типов может отражать их потенциальную фитопригодность.

Экологический объём и видовая ёмкость. В геоботанической литературе достаточно обоснованным и общепринятым является положение, устанавливающее прямую зависимость экологического объёма местообитания и его видовой ёмкости на первых этапах формирования фитоценозов [8, 9, 13, 14]. Так, Л.Г. Раменский отмечал [13, 14], что чем суровее условия среды, тем большую роль для растений, внедряющихся на данную территорию, играет прямое влияние экологических условий и тем меньшее значение имеет конкуренция видов.

Уточним, что под экологическим объёмом местообитания понимается [8] совокупность всех факторов местообитания, обуславливающих возможность поселения в его пределах большего или меньшего количества видов растений с различными биоэкологическими особенностями. Видовую ёмкость местообитания определяет общее количество видов, нормально произрастающих в условиях данного местообитания.

Следовательно, если условия техногенного экотопа крайне суровы, т.е. он имеет весьма узкий экологический объём, то соответствие для развития может получить всего лишь один характерный вид одной экологической группы. Если условия экотопа менее суровы, т.е. имеют широкий экологический объём, то он оказывается благоприятным для нескольких или многих видов растений. В связи с этим в некоторых первичных техногенных экотопах с узким экологическим объёмом формируются в процессе сингенеза преимущественно чистые или маловидовые группировки, а в экотопах с широким экологическим объёмом – смешанные, многовидовые. В случае, если условия экотопа быстро меняются в направлении возрастания напряженности лимитирующих, ограничивающих факторов (засоление, повышение кислотности, накопление токсичных веществ при выветривании пород и т.п.), то количество видов здесь уменьшается и многовидовая группировка может перейти в маловидовую или одновидовую группировку. Освоение первичных экотопов с весьма узким экологическим объёмом и крайне значительным проявлением нескольких ограничивающих факторов, как правило, происходит с участием в сингенезе только специфических антропоотолерантных видов с узкой экологической амплитудой, которая наиболее полно соответствует количественному и качественному диапазону ограничивающих факторов. Например, на эдафотопках из соленосных глинистых отложений могут поселяться солеустойчивые гликофиты, гликогалофиты и псевдогалофиты с гидрологической амплитудой от мезофитов до ксерофитов.

Таким образом, фитоэкологическое соответствие различных техногенных экотопов проявляется в их экологическом объеме и видовой ёмкости. В целом, освоение сосудистыми растениями техногенных экотопов зависит от их деструкции и стрессово-адаптивных возможностей видов.

Исходя из приведенных концептуальных положений и критериев по выделению типов техногенных экотопов относительно их фитоэкологического соответствия, нами разработана фитоадаптивная типизация техногенных экотопов (рис.).

Выделено четыре типа техногенных экотопов по признаку их фитоэкологического соответствия: I тип – неадаптивные, II тип – узкоадаптивные, III тип – ограниченноадаптивные, IV тип – широкоадаптивные. Ниже приводим краткую характеристику этих типов.

I ТИП – *неадаптивные* – это экотопы, полностью непригодные для произрастания растений. Характеризуются неблагоприятными физическими свойствами субстрата, повышенной засоленностью, рН менее 3,5 или более 10. Сосудистые растения в таких условиях обычно полностью отсутствуют, либо представлены единичными, чаще всего нежизнеспособными, экземплярами. Неадаптивные экотопы распространены на техногенных новообразованиях, например, шламовые накопители, хвостохранилища и отстойники промышленных предприятий и т.д.

II ТИП – *узкоадаптивные*. Эти экотопы характеризуются специфическим субстратом (сильнокаменистой фракцией, сильно-, слабо- или незасоленным субстратом), рН 5,5 – 9,0. Для данного типа характерны антропоотолерантные эвритопные пионерные виды, а также растения с узкой экологической амплитудой, индицирующие те или иные неблагоприятные параметры субстрата. Примеры: экотопы отвалов угольных шахт, по добыче мергеля, мела, глинистые соленосные отложения, шлаковые отвалы металлургических заводов на ранних (первых) стадиях зарастания. Так, на шлаковых отвалах металлургических заводов, «свежих» породных отвалах угледобывающих промышленных предприятий флора и растительность обычно не стабилизированы, наблюдаются инициальные фазы развития открытых ценозов. Более-менее устойчивые заросли образуют *Gypsophila paulii* Klokov, *G. perfoliata* L., *G. scorzonifolia* Ser., указывая на повышенное засоление и бедность субстрата. Встречаются также *Diploxys tenuifolia* (L.) DC., *Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz, *Kali tamariscina* (Pall.) Akhani & E.H. Roalson и др.

III ТИП – *ограниченноадаптивные*. Данный тип характеризуется неблагоприятными физическими свойствами субстрата: низкая воздухообеспеченность; содержание каменной фракции > 10 %, содержание солей < 1 г / 100 г, рН = 4 – 5. Растительность представлена в основном пионерными видами (мало-, одновидовые простые группировки) с фрагментарным или групповым размещением растений. Это экотопы отвалов угольных шахт и других техногенных новообразований

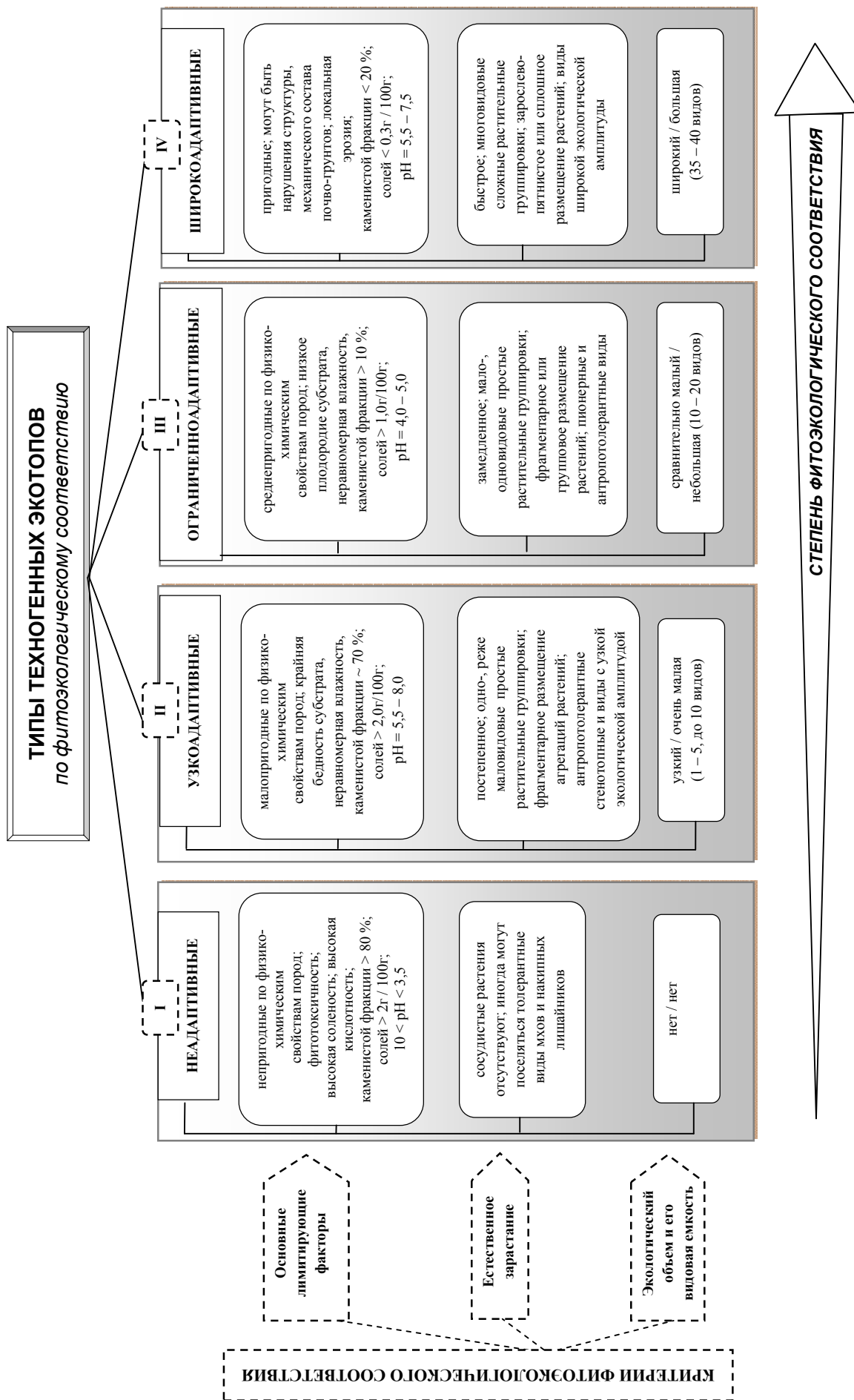


Рис. Обобщенная блок-схема фитоадаптивной типизации техногенных экотопов

на стадии вымывания; обочины автодорог; промплощадки предприятий, например, металлургических, коксохимических и химических заводов, ртутного комбината; участки после городского строительства (свалки строительного мусора, пустыри). Например, на 8 – 10-й год после прекращения использования золоотвалов тепловых электростанций там изредка поселяются некоторые представители травянистых растений: *Amaranthus blitoides* S. Watson, *Polygonum aviculare* L., *Echium vulgare* L., *Kali tamariscina*, *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Xanthium albinum*, которые встречаются отдельными особями и небольшими группами. Насыпи дорог спонтанно зарастают видами аборигенной флоры: *Poa compressa* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Tanacetum vulgare* L. К ним присоединяются другие степные и рудеральные виды, такие, как: *Plantago lanceolata* L., *Cichorium intybus* L., *Ajuga genevensis* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Artemisia absinthium* L., *Daucus carota* L. и др. Общее проективное покрытие травостоя насыпи 50 – 60 %, ближе к полотну дороги уменьшается до 2 – 5 %. На промплощадках, промышленных пустырях и свалках повсеместно встречаются *Amaranthus blitoides*, *A. retroflexus* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Diplotaxis tenuifolia*, *Xanthium albinum*, спорадически произрастает *Hyoscyamus niger* L., а также инвазивные адвентивные виды – *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Cardaria draba* (L.) Desv., *Galinsoga parviflora* Cav. и др.

IV ТИП – широкоадаптивные. Группа экотопов с полным фитоэкологическим соответствием для произрастания растений. Наряду с такими признаками эдафотопы, как нарушение механического состава и наличие эрозии, характеризуется благоприятными свойствами – содержание каменистой фракции менее 20 %, отсутствие засоления, по значению pH – нейтральные или слабощелочные, отсутствие токсичности. Растительность представлена сложными многовидовыми группировками видов с разной экологической амплитудой. Это экотопы урбанизированных территорий – свалки, мусорники, пустыри, брошенные земли и газоны; транспортных – железнодорожные насыпи; промышленных предприятий – промышленные пустыри, промплощадки; техногенных новообразований на поздних стадиях самозарастания. Растительные группировки различаются в зависимости от того, на какой техногенной территории находится экотоп. Так, на «старых» отвалах угольных шахт доминирующую роль играют разные виды рудерантов. Можно выделить ассоциации с преобладанием *Polygonum aviculare*, *Amaranthus blitoides*, *Atriplex patula* L., *Xanthium albinum* и *Cyclachaena xanthiifolia*, *Atriplex patula* и *Picris hieracioides* L. Местами к ним присоединяются фитоценозы с доминированием *Artemisia absinthium* и *Melilotus officinalis*, *Cichorium intybus* и *Salvia verticillata* L., а также почти чистые заросли *Elytrigia repens* и *Ambrosia artemisiifolia* L. Для карьеров характерны специфические петрофильные виды растений, свойственные природным обнажениям. Например, карьеры, где проводилась разработка мергеля, со временем зарастают степными, петрофитными растениями, с долей участия редких, охраняемых, эндемичных видов рода *Thymus*, *Festuca*, *Elytrigia*, *Astragalus*, *Salvia*, *Jurinea* и др.

Рассмотренные типы техногенных экотопов существенно различаются по растительным условиям и требуют применения неодинаковых методов по их оптимизации. В зависимости от общей площади экотопов того или иного типа на определенной техногенной территории, можно делать обоснованные конкретные рекомендации по ее рекультивации и оптимизации. Так, если количество неадаптивных экотопов преобладает по площади в территориальном контуре техногенного новообразования, предварительно необходимо провести горнотехническую рекультивацию с тем, чтобы создать пригодные условия для существования растений. Если же на территории преобладают широкоадаптивные типы экотопов, с небольшой долей узко- и ограниченноадаптивных, данный участок в дополнительных мероприятиях по рекультивации, скорее всего, не нуждается, т. к. система, по-видимому, характеризуется достаточной функцией саморегуляции восстановления, иногда лишь целесообразна разработка мероприятий по интенсификации процессов естественного зарастания.

Заключение

Сосудистые растения как структурный элемент биогеоценозов характеризуются значительным индикационно-диагностическим потенциалом для оценки и мониторинга динамики фито-

экологического состояния техногенных экотопов. На основании фитоиндикационного оценивания их соответствия выделено четыре типа техногенных экотопов: неадаптивные, узкоадаптивные, ограниченноадаптивные, широкоадаптивные.

Предложенная фитоадаптивная типизация техногенных экотопов даёт возможность упорядочивать научные представления о биоэкологическом потенциале и экологических амплитудах видов сосудистых растений и их связи с экотопами различных типов, что позволяет составить прогноз о формировании возможных локальных флор нарушенных техногенезом местообитаний и тем самым создаёт прочную основу для реального целевого конструирования и моделирования в области промышленной ботаники, в частности в фиторекультивации техногенных земель.

Важным аспектом практического применения результатов исследования естественного зарастания техногенных экотопов различных типов является прогнозирование направления рекультивационных работ и обоснованный подбор ассортимента видов растений для создания устойчивых искусственных фитоценозов в условиях техногенеза.

Актуальность фитоэкологических исследований различных типов экотопов техногенных территорий носит не только локально-региональный, но и глобальный характер в связи с современной тенденцией всевозрастающей антропогенной трансформации растительного покрова в различных географических областях. Учёт пространственной неоднородности экологических условий, оценка роли этого явления и структурно-функциональных особенностей биогеоценозов в пределах техногенных ландшафтов, а также разработка и реализация приёмов их оптимизации является важнейшими задачами, решение которых обеспечит устойчивое развитие сложных техноэкосистем.

1. *Бельгард А.Л.* Лесная растительность юго-востока УССР / Александр Люцианович Бельгард. – Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1950. – 264 с.
2. *Бельгард А.Л.* К вопросу об экологическом анализе и структуре фитоценозов в степи / А.Л. Бельгард // Вопросы биологической диагностики лесных биогеоценозов Присамарья. – Днепропетровск: Изд-во Днепропетров. ун-та, 1980. – С. 11 – 42.
3. *Бурда Р.И.* Антропогенная трансформация флоры / Раиса Ивановна Бурда. – Киев: Наук. думка, 1991. – 168 с.
4. *Бурда Р.И.* Методика дослідження адаптивної стратегії чужорідних видів рослин в урбанізованому середовищі: Монографія / Р.І. Бурда, О.А. Ігнатюк. – К.: НЦЕМБ НАН України, ЗАТ «Віпол», 2011. – 112 с.
5. *Вернадский В.И.* Биосфера / Владимир Иванович Вернадский. – М.: Мысль, 1974. – 460 с.
6. *Глухов А.З.* Современная концепция развития промышленной ботаники / А.З. Глухов, А.И. Хархота // Промышленная ботаника. – 2006. – Вып.6. – С. 3 – 14.
7. *Глухов О.З.* Індикаційно-діагностична роль синантропних рослин у техногенному середовищі / О.З. Глухов, С.І. Прохорова, Г.І. Хархота. – Донецьк: Вебер (Донецька філія), 2008. – 232 с.
8. *Марков В.В.* Общая геоботаника / В.В. Марков. – М.: Высш.шк., 1965. – 211 с.
9. *Масюк Н.Т.* Особенности формирования естественных и культурных фитоценозов на вскрышных породах в местах произведённой добычи полезных ископаемых / Н.Т. Масюк // Рекультивация земель: Труды Днепропетров. СХИ. – Днепропетровск, 1974. – Т. 26. – С. 62 – 105.
10. *Матвеев Н.М.* Оптимизация системы экоморф А.Л. Бельгарда в целях фитоиндикации экотопа и биотопа / Н.М. Матвеев // Вісник Дніпропетров. ун-ту. – 2003. – Вип.11, т.2. – С. 103 – 163.
11. *Одум Ю.* Экология: В 2-х т. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.; Т.2. – 376 с.
12. *Промышленная ботаника* / Е.Н. Кондратюк, В.П. Тарабрин, В.И. Бакланов [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1980. – 260 с.
13. *Раменский Л.Г.* Введение в почвенно-геоботаническое исследование земель / Л.Г. Раменский. – М.: Сельхозгиз, 1938. – 620 с.
14. *Раменский Л.Г.* О принципиальных установках, основных понятиях и терминах производственной типологии земель, геоботаники и экологии / Л.Г. Раменский // Сов. ботаника. – 1935. – № 4. – С. 25 – 42.
15. *Рева М.Л.* Рослинність деяких антропогенних форм рельєфу Донецького кряжу / М.Л. Рева, Г.І. Хархота // Інтродукція та експериментальна екологія рослин. – 1975. – Вип. 4. – С. 17 – 24.
16. *Рева М.Л.* Растительность техногенных земель в Донбассе / М.Л. Рева, А.И. Хархота // Растения и промышленная среда. – Свердловск: Изд-во Урал. гос. ун-та, 1978. – С. 33 – 43.

17. Реймерс Н.Ф. Экология. Теория, законы, принципы и гипотезы / Н.Ф. Реймерс. – М.: Россия Молодая, 1975. – 367 с.
18. Тохтарь В.К. Сравнение локальных флор техногенных территорий Европы / В.К. Тохтарь, А.И. Хархота, А. Ростански, Р. Виттиг // Промышленная ботаника. – 2003. – Вып. 3. – С. 7 – 13.
19. Тохтарь В.К. Анализ флористического состава растительных группировок в техногенных экотопах юго-востока Украины / В.К. Тохтарь, А.И. Хархота // Збереження біорізноманітності на південному сході України: матер. наук. конф. (Донецьк, 14 вересня 2004 р.). – Донецьк: Лебідь, 2004. – С. 94 – 95.
20. Тохтарь В.К. Флори техногенних екотопів та їх розвиток: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаніка» / В.К. Тохтарь. – К., 2005. – 32 с.
21. Узбек И.Х. Рекультивация нарушенных земель как устойчивое развитие сложных техноэко-систем: Монография / И.Х. Узбек, А.С. Кобец, П.В. Волох и др.; под ред. И.Х. Узбека. – Днепропетровск: Пороги, 2010. – 263 с.
22. Хархота А.И. Становление и структурно-функциональные особенности растительных сообществ в техногенных экотопах / А.И. Хархота // Проблемы устойчивости биологических систем: Тез. докл. Всесоюз. шк. (Севастополь, 15 – 20 окт. 1990 г.). – Харьков, 1990. – С. 416 – 417.
23. Хархота А.И. Об особенностях виталитета популяций растений в техногенных экотопах / А.И. Хархота // Интродукция и акклиматизация растений. – 1993. – Вып. 20. – С. 47 – 51.
24. Хархота А.И. Адаптация популяций растений в техногенных экотопах / А.И. Хархота // Интродукция и акклиматизация растений. – 1996. – Вып. 26. – С. 34 – 37.
25. Ellis E. C. Measuring long-term ecological changes in densely populated landscapes using current and historical high resolution imagery / E. C. Ellis, H. Wang, H. Xiao, K. Peng, X. P. Liu, S. C. Li, H. Ouyang, X. Cheng, and L. Z. Yang // Remote Sensing of Environment. – 2006. – № 100 (4). – P. 457 – 473.
26. Ellis E. C. Long-term change in village-scale ecosystems in China using landscape and statistical methods / E. C. Ellis, S.C. Li, R. G. Yang, L. Z., & Cheng, X. // Ecological Applications. – 2000. – № 10. – P. 1057 – 1073.
27. Ellis E. C. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000 / E. C. Ellis, K. K. Goldewijk, S. Siebert, D. Lightman and N. Ramankutty // Global Ecology and Biogeography (Global Ecol. Biogeogr.). – 2010. – № 19. – P. 589 – 606.
28. Klijn F. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification / F. Klijn, & Udo De Haes, H. A. // Landscape Ecology. – 1994. – № 9. – P. 89 – 104.
29. Natuhara Y. Landscape evaluation for ecosystem planning / Y. Natuhara // Landscape Ecol Eng. – 2006. – P. 3 – 11.
30. Tansley A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms / A.G. Tansley // Ecology. – 1935. – № 16. – P. 284 – 307.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 05.09.2012

УДК 581.9:581.52

ФИТОАДАПТИВНАЯ ТИПИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОТОПОВ

А.З. Глухов, А.И. Хархота, С.И. Прохорова, И.В. Агурова

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Определены концептуальные положения и предложена обобщенная блок-схема фитоадаптивной типизации техногенных экотопов; выделено четыре типа техногенных экотопов по фитоэкологическому соответствию: неадаптивные, узкоадаптивные, ограниченноадаптивные, широкоадаптивные; приведена их краткая характеристика.

UDC 581.9:581.52

PHYTOADAPTIVE TYPIZATION OF TECHNOGENIC ECOTOPES

A.Z. Glukhov, A.I. Kharkhota, S.I. Prokhorova, I.V. Agurova

Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

Conceptual issues are defined and a generalized block diagram of the phytoadaptive typization of technogenic ecotopes is suggested; four types of technogenic ecotopes are determined in relation to their phytoecological suitability: non-adaptive, narrow-adaptive, limited-adaptive, broad-adaptive ones; their brief description is given.

О.П. Сулова, О.К. Поляков, М.В. Нецветов, О.М. Дацько, О.М. Лихацька

ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН У МІСЬКИХ ВУЛИЧНИХ НАСАДЖЕННЯХ НА ПІВДЕННОМУ СХОДІ УКРАЇНИ

лінійні деревні насадження, життєздатність, вік дерев, інтенсивність росту

Вступ

Зелені насадження на урбанізованих територіях сприяють оптимізації мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов, використовуються для функціональної організації міського простору та підвищення художньої виразності архітектурних ансамблів. Тому дослідження урбанодендрофлори в промисловому регіоні, аналіз видового складу насаджень та стану культивованих деревних порід, а також розробка асортименту перспективних деревних рослин для введення в міські зелені насадження відносяться до актуальних проблем сучасності [1–3, 7].

У промислових центрах Південного Сходу України сформувалось специфічне техногенне середовище з постійним збільшенням антропогенного навантаження на урбоєкосистеми, що призводить до значної трансформації довкілля. Повітря в містах наповнено пилом, аерозолями та димом, тому видалення токсичних інгредієнтів з повітря та ґрунту розглядається як важливий засіб оптимізації міського середовища. Для цього використовують переважно технічні засоби – пилоуловлювачі та фільтри, введення безвідходних технологій виробництва. Як засіб доочистки міського середовища використовують деревні насадження, що здатні нівелювати несприятливі фактори природного та техногенного походження [5, 6, 9, 12]. Однак високий рівень негативно-го впливу призводить до ослаблення рослин, враження їх шкідниками та хворобами, зниження їхньої продуктивності та життєздатності і, як наслідок, до передчасного старіння та зменшення довговічності. Тому в урбанізованому середовищі зелені насадження слід створювати лише за участю найбільш адаптованих та витривалих деревних порід.

Підвищення стійкості та довговічності міських насаджень можливе на основі дослідження видового різноманіття урбанодендрофлори, аналізу стану та життєздатності деревних рослин за умов техногенного забруднення та добору найбільш перспективних толерантних видів. Формування міських насаджень повинно бути спрямовано на збагачення їх видового складу. Частка кожного виду у складі насаджень не повинна перевищувати 5%, оскільки більш висока репрезентативність того чи іншого виду може вплинути чи знизити загальну стійкість насаджень.

Мета та завдання досліджень

Мета роботи – виявити найбільш стійкі види деревних рослин до умов урбанізованого середовища шляхом моніторингу стану зелених насаджень промислових міст Південного Сходу України.

Об'єкти та методи дослідження

Досліджено лінійні деревні насадження міста Донецьк, що знаходяться на головних та магістральних вулицях основних промислових районів міста. Загальна довжина обстежених вулиць складає 26,2 км, площа насаджень – 50,4 га (табл. 1), де враховано близько 28 тисяч дерев та кущів 228 видів та 63 культурварів.

Дослідження проведено методом інвентаризації зелених насаджень з визначенням виду рослин, їх таксаційних параметрів – віку, висоти, діаметру стовбура, стану кожного дерева – добрий, задовільний, незадовільний, всихаюче дерево. Життєздатність визначали за допомогою 9-бальної шкали Л.С. Савел'євої [8], згідно якої балом «8» оцінювали здорові, добре розвинуті дерева, а балом «0» – усохлі дерева, що випали зі складу насаджень.

Таблиця 1. Результати інвентаризації видового складу лінійних насаджень у м. Донецьк, 2011 р.

Назва вулиці	Довжина, км	Адміністративний р-н міста	Площа насаджень, га	Кількість		Щільність насаджень, шт/га, дерев кущів
				видів всього: дерев/кущів, шт.	дерев кущів, шт.	
вул. Артема	8,8	Ворошилівський – Київський	8,6	121:68/51	<u>1710</u> 3471	<u>199</u> 404
просп. Ілліча	6,7	Калінінський – Ворошилівський	23,0	123:65/58	<u>5172</u> 3466	<u>225</u> 151
просп. Київський	3,0	Київський	6,0	54:37/14	<u>1604</u> 595	<u>267</u> 99
вул. Елеваторна	4,0	Будьонівський	4,0	69:47/22	<u>1005</u> 608	<u>251</u> 152
вул. Горностаївська	1,8	Пролетарський	1,8	43:28/15	<u>459</u> 373	<u>255</u> 207
бульв. Пушкіна	1,2	Ворошилівський	6,4	146:86/60	<u>2565</u> 6591	<u>401</u> 1030
просп. О. Матросова	0,7	Куйбишевський	0,6	25:19/6	<u>210</u> 92	<u>350</u> 153
Разом	26,2		50,4		<u>12725</u> 15196	<u>252</u> 302

Результати досліджень та їх обговорення

Міське середовище, в цілому, істотно відрізняється від природних умов, за яких були сформовані і спадково закріплені еколого-фізіологічні особливості деревних рослин. В урбоекосистемах багато рослин, як правило, вимушені пристосовуватися до несприятливих для них екологічних умов – забрудненого атмосферного повітря, недостатньої освітленості, своєрідного фізико-хімічного режиму міських ґрунтів та інших чинників середовища. Все це призводить до зниження стійкості рослин, у тому числі до пошкодження шкідниками і хворобами. Міські насадження, покликані оздоровлювати урбанізоване середовище, самі при цьому часто потребують захисту [4, 5, 9, 10–11].

За результатами інвентаризації, у складі лінійних вуличних насаджень м. Донецька нараховується 228 видів та 63 культивари з 77 родів та 42 родин. Серед них переважають види європейського (49,8%) та північноамериканського (22,1%) походження. У віковій структурі переважають дерева віком 11–20 років (27,2%), дерев віком 50–60 років в міських насадженнях трапляється не більше 2,4%.

Отримані дані досліджень стосовно життєздатності деревних рослин дозволили встановити, що найбільша кількість видів, які характеризуються життєздатністю 6–8 балами, походять з Європи, Північної Америки та Середньої Азії. Але слід зазначити, що значна кількість дерев зі зниженою життєздатністю (4 бали) також належить до видів, що природно зростають у Північній Америці. Це підтверджує той факт, що початок інтродукції деревних рослин з цього регіону має давню історію і північноамериканські види в умовах декоративних насаджень на Південному Сході України досягли свого критичного віку, наслідком чого є значне зниження життєздатності дерев. Найменш життєздатними виявилися також види рослин зі Східної Азії (табл. 2).

Найвищі показники життєздатності характерні для видів віком від 10 до 40 років (табл. 3). Зниження життєздатності відбувається у рослин, починаючи з 30–40 років залежно від виду. Той факт, що зі збільшенням віку дерев відбувається збільшення відсотку життєздатних рослин, на нашу думку, пов'язаний з тим, що під час досягнення рослинами снільної стадії онтогенезу і всиханням рослин в міських насадженнях проводять санітарні рубки служби комунального господарства, залишаючи лише здорові старі дерева, стан яких оцінюється як відмінний.

Таблиця 2. Життєздатність дерев у вуличних насадженнях м. Донецька залежно від їхнього географічного походження

Походження видів	Життєздатність, бал								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Кількість дерев, шт.								
Східна Азія	0	0	135	2	146	56	57	177	11
Середня Азія	1	0	24	4	529	213	320	336	64
Європа	10	0	33	22	1089	388	361	1435	182
Північна Америка	2	0	281	2	1004	101	120	272	84
Сибір	0	0	0	0	29	5	63	44	2
Середземномор'я	0	0	1	0	4	0	0	22	0

Таблиця 3. Репрезентативність деревних рослин різної життєздатності та віку у вуличних насадженнях (%)

Життєздатність, бал	Вік, років							
	<10	10–19	20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	>70
0	0	0	0	0,1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,0	1,3	0,9	1,4	1,5	0,0	0,0	0
3	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0	0
4	2,1	4,9	8,8	9,0	7,8	1,2	0,3	0
5	0,2	0,4	2,8	1,8	2,0	0,7	0,3	0
6	0,4	2,7	1,9	3,0	3,0	1,4	0,8	0,3
7	2,1	11,6	8,9	5,5	3,8	0,8	0,1	0,1
8	0,2	3,1	1,5	0,8	0,1	0	0	0

До таких рослин можна причислити поодинокі екземпляри видів родів *Salix*, *Ulmus*, *Populus* та ін. На рисунку 1 показано не лише залежність життєздатності від віку рослин, але і частоту їхнього трапляння. Видно, що рослини віком до 20 років трапляються значно частіше і життєздатність їх в основному оцінено у 6 балів, рослини з життєздатністю в 7–8 балів трапляються значно рідше. При збільшенні віку життєздатність рослин знижується в середньому до 4 балів при середньому їх траплянні. На графіку видно, що після досягнення рослинами 50 років і більше відбувається деякий підйом кривої, що свідчить про збільшення життєздатності. Але трапляння таких видів незначне, відмічено поодинокі дерева. Отже, крива, що відображає залежність життєздатності рослин від їхнього віку має два піки, але лінія досить вирівняна за рахунок видалення старих всихаючих дерев.

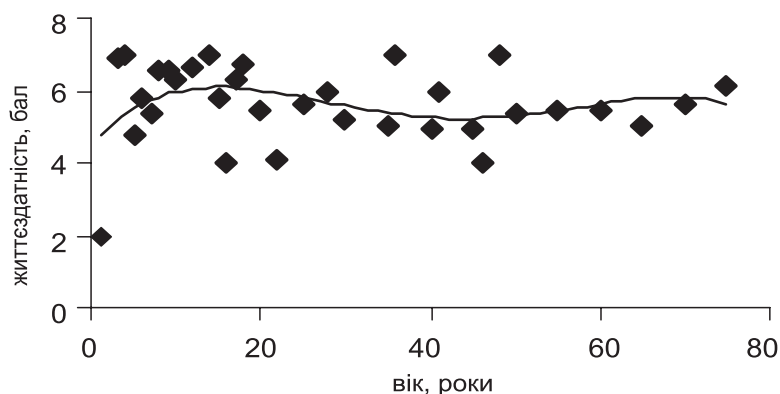


Рис. 1. Залежність життєздатності дерев міських лінійних вуличних насаджень від їхнього віку

Нами було проаналізовано залежність життєздатності дерев від інтенсивності їхнього росту. При вивченні швидкорослих деревних порід встановлено, що найбільша кількість дерев цієї групи у лінійних міських насадженнях досягла віку 20–40 років. Такі рослини складають до 30% від усієї кількості швидкорослих порід. Рослини молоді (віком до 10 років) становлять 6%, а віком понад 60 років – лише 2%. Найбільша кількість дерев швидкорослих деревних рослин у міських насадженнях мають життєздатність 4 бали (36%), значна кількість дерев (32%) – 7 балів (рис. 2). Невеликий відсоток (5%) дерев мають найвищий бал життєздатності, та бал низької життєздатності (2–3 бали) – 6 та 0,5% відповідно.

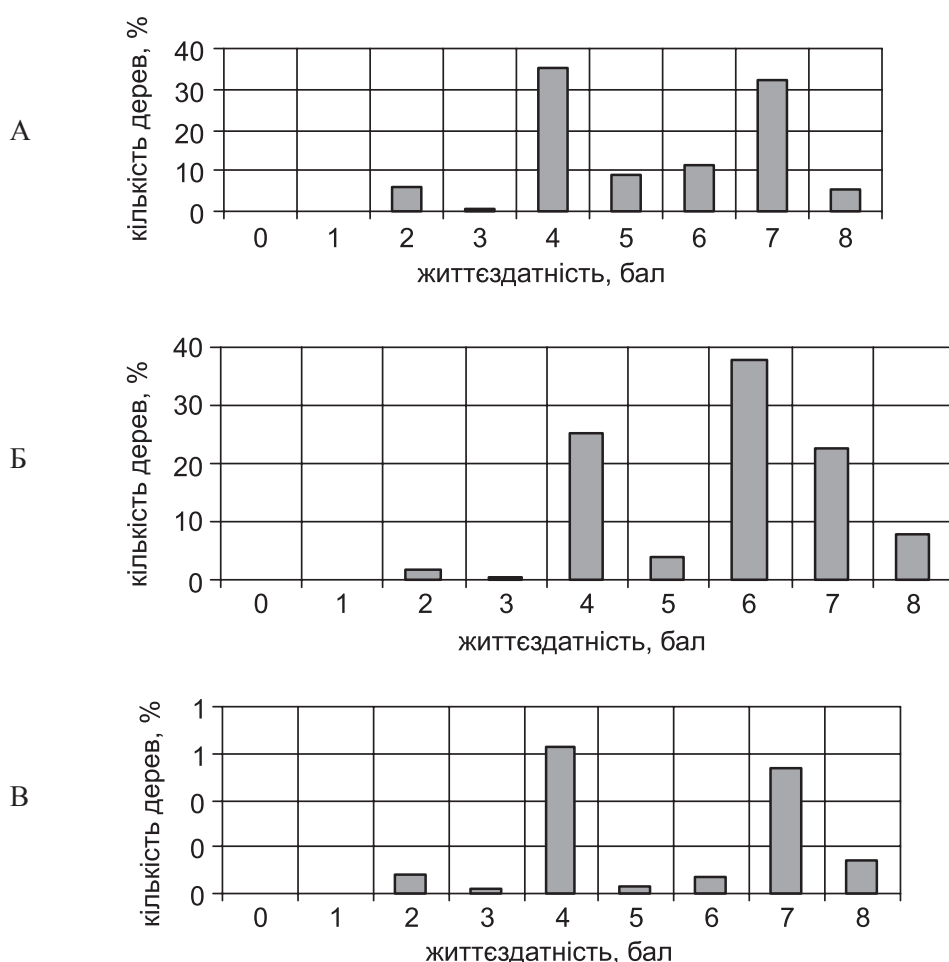


Рис. 2. Життєздатність деревних рослин різної інтенсивності росту у міських лінійних вуличних насадженнях:

А – швидкорослі деревні породи; Б – середньорослі деревні породи; В – повільнорослі деревні породи

Залежність життєздатності швидкорослих деревних рослин від їхнього віку відображено на графіку (рис. 3). Найвища життєздатність у таких рослин відмічена у віці до 20 років. Максимальна величина цього показника у молодому віці, на нашу думку, свідчить про високий відсоток приживлюваності саджанців та їхню високу резистентність. До 40 років бал життєздатності знижується до 4, кількість дерев з такими показниками значно менше, ніж молодих життєздатних дерев. Після 50 років відбувається деяке підвищення життєздатності поодиноких дерев, залишених після видалення нежиттєздатних.

У міських насадженнях середньорослі деревні рослини в основному досягли віку від 10 до 30 років. Такі рослини складають до 80% від усієї кількості середньорослих порід. Рослини молоді (віком до 10 років) становлять 5,8%, віком більше 60 років – лише 1,8%, а дерева, старіші

за 70 років – 1,6%. Найбільша кількість середньорослих деревних рослин у міських насадженнях мають життєздатність у 6 балів (38%), значна кількість дерев (25%) – 4 бали (рис. 2). Невеликий відсоток (7%) дерев мають найвищий бал життєздатності, та бал низької життєздатності (2–3 бали) – 1,8 та 0,3% відповідно. Окрім того, встановлено залежність життєздатності видів деревних рослин від їхнього віку (рис. 3). Життєздатність 6–8 балів відповідає деревам віком 18–30 років. Після досягнення деревами 30-річного віку життєздатність знижується до 4–5 балів. Дерева, що досягли віку 40 та більше років поступово вирубують, їхня кількість у насадженнях значно знижується, залишаються лише здорові старі дерева. Крива, що відображає залежність життєздатності середньорослих видів дерев від їхнього віку також, як і у випадку зі швидко-рослими видами, має дві вершини. Зниження життєздатності відбувається зі збільшенням віку (див. рис. 3).

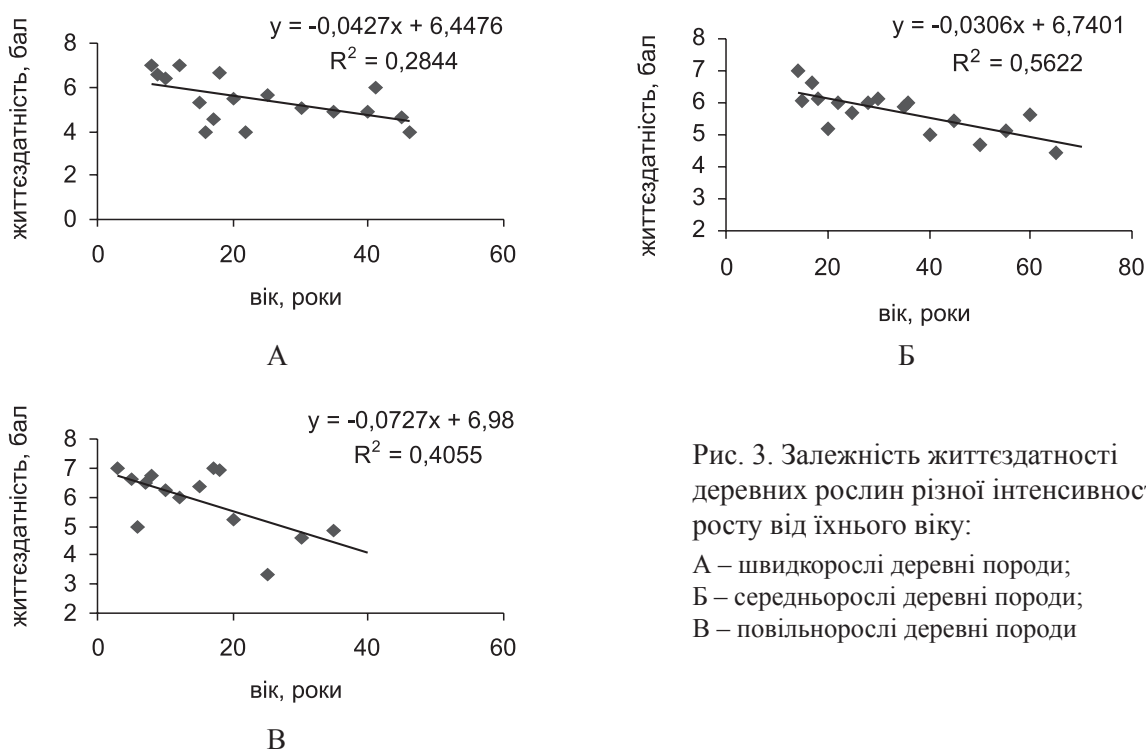
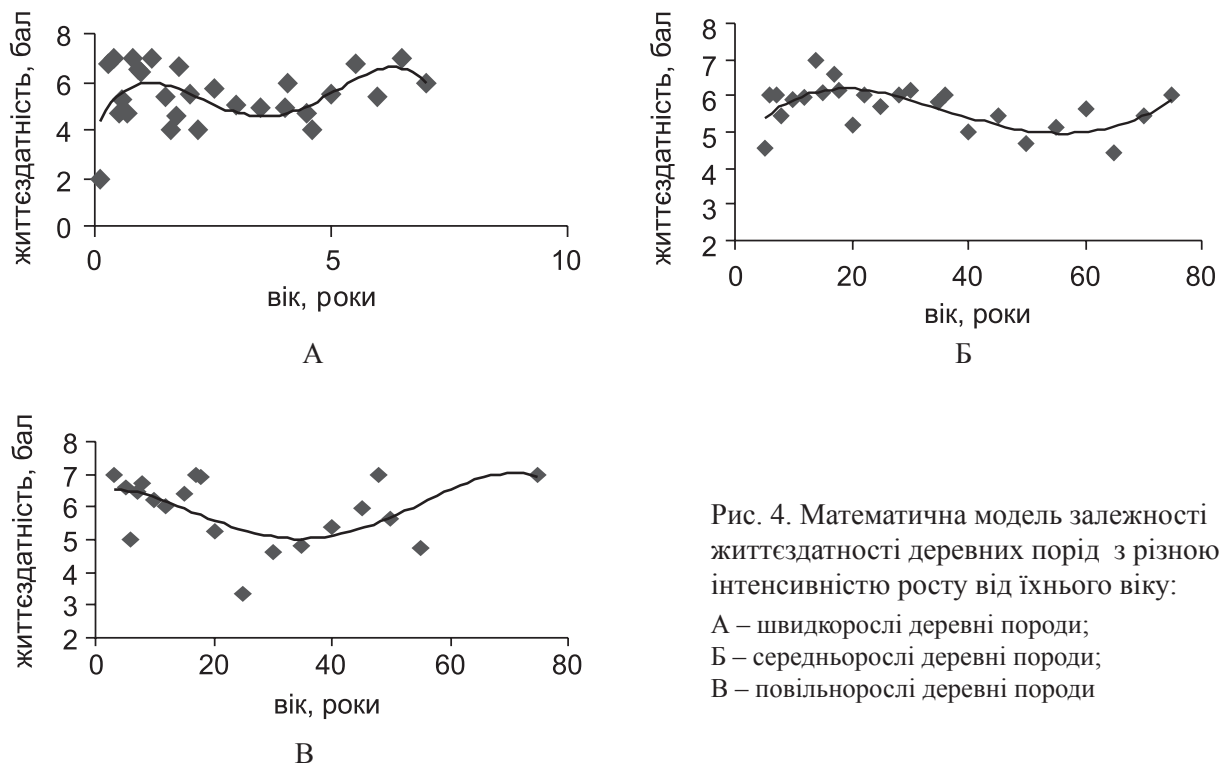


Рис. 3. Залежність життєздатності деревних рослин різної інтенсивності росту від їхнього віку:
 А – швидко-рослі деревні породи;
 Б – середньорослі деревні породи;
 В – повільно-рослі деревні породи

Повільно-рослі дерева у лінійних міських насадженнях складають всього 5% від загальної кількості видів, що культивуються. Аналіз отриманих даних дозволив встановити, що найбільша кількість повільно-рослих деревних рослин у міських насадженнях досягла віку 40–50 років. Такі рослини складають до 28% від всієї кількості повільно-рослих порід. Рослини молоді (віком до 10 років) становлять 6,6%, віком більше 70 років – лише 0,6% (див. рис. 2).

У міських насадженнях 41,5% повільно-рослих деревних порід мають пригнічений стан і оцінено 4 балами їхньої життєздатності, що відповідає віку дерев від 20 до 50 років. У молодому віці (до 20 років) 9,4% рослин мають найвищий бал життєздатності. У насадженнях відсутні дерева із життєздатністю 0–1 бал. На графіку (рис. 3) видно, що зниження життєздатності дерев відбувається до 40 років.

Таким чином, зниження життєздатності деревних рослин з віком залежить від інтенсивності їхнього росту. Швидше за всіх воно відбувається у повільно-рослих, а найповільніше у середньорослих деревних порід. Для побудови математичної моделі щодо залежності життєздатності від віку рослин було враховано лише дерева основних за чисельністю вікових категорій, для виключення ефекту рубок старих дерев, що проводяться підприємством зеленого будівництва. Як впливає з лінійних моделей (рис. 4), у 5 балів життєздатність деревних рослин оцінюють, коли на деревах починається усихання верхівкового приросту та окремих бокових гілок,



суховерхість, що відбувається при досягненні 35 років деревами зі швидким темпом росту, близько 55 років деревами з середнім і лише 30 років деревами з повільним темпами росту. Швидке набуття пригніченого стану деревами з повільним ростом, на нашу думку, пов'язане з малочисельним видовим складом цієї групи і достатньою питомою вагою недовговічних видів та форм дерев, наприклад, *Acer tataricum* L., *Armeniaca vulgaris* Lam. та інших.

Висновки

Таким чином, життєздатність дерев міських вуличних насаджень залежить від інтенсивності їхнього росту. Повільнорослі дерева швидше знижують життєздатність – у них уже з 30-річного віку відмічаються ознаки старіння та суховерхість, дерева середніх темпів росту – з 55 років, а швидкорослі – з 35 років. Отже, до складу лінійних вуличних насаджень промислових міст не слід залучати повільнорослі деревні рослини як менш довговічні за цих умов. До найбільш стійких та життєздатних у вуличних насадженнях видів віднесено *Acer platanoides*., *Quercus robur* L., *Pyrus communis* L., *Gleditchia triacanthos* L., *Populus bolleana* L. та *Fraxinus exelsior* L.

1. Авдеева Е.В. Ландшафтно-экологическая среда сибирских городов / Елена Владимировна Авдеева. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 124 с.
2. Авдеева Е.В. Рост и индикаторная роль зеленых насаждений в урбанизированной среде / Елена Владимировна Авдеева. – Красноярск: СибГТУ, 2007. – 382 с.
3. Артамонов В. И. Растения и чистота природной среды / Вадим Иванович Артамонов. – М.: Наука, 1986. – 172 с.
4. Бабкина С.В. Урбанофлора Комсомольска-на-Амуре: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: специальность 03.00.05 «Ботаника» / С.В. Бабкина. – Владивосток, 2002. – 18 с.
5. Буданова М. Г. Флора сосудистых растений города Омска / М.Г. Буданова: автореферат дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: специальность 03.00.05 «Ботаника» / М.Г. Буданова. – Томск, 2003. – 20 с.
6. Морозова Г.Ю. Растения в урбанизированной природной среде: формирование флоры, цитогенез и структура популяций / Г.Ю. Морозова, О.Л. Злобин, Т.И. Мельник // Журн. общей биологии. – 2003. – Т. 64, № 2. – С. 166–180.

7. *Поляков А.К.* Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды / Алексей Константинович Поляков. – Донецк: Ноулидж, 2009. – 268 с.
8. *Савельева Л.С.* Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях / Людмила Семеновна Савельева. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 168 с.
9. *Серикова Л.В.* Функционирование древесной растительности г. Москвы в условиях антропогенного воздействия / Л.В. Серикова // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2003. – № 6. – С. 9–29.
10. *Соколова И.Г.* Деревья и кустарники города Пскова / И.Г. Соколова // Ботан. журн. – 2003. – Т. 88, № 11. – С. 79–86.
11. *Beckhem N.* The value of an urban tree / N. Beckhem // Indian Biol. – 1992. – Vol. 24, № 1. – P. 1–10.
12. *Davis A. M.* Urban ecosystems and island biogeography / A. M. Davis, T. F. Glick // Environ. Conserv. – 1978. – Vol. 5, № 4. – P. 299–304.

Донецький ботанічний сад НАН України

Надійшла 18.10.2012

УДК 581.52:634.942(477.60)

**ЖИТТЕЗДАТНІСТЬ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН У МІСЬКИХ ВУЛИЧНИХ НАСАДЖЕННЯХ
НА ПІВДЕННОМУ СХОДІ УКРАЇНИ**

О.П. Сусллова, О.К. Поляков, М.В. Нецветов, О.М. Дацько, О.М. Лихацька

Донецький ботанічний сад НАН України

Досліджено деревні рослини (228 видів та 63 культиварів) лінійних вуличних насаджень міста Донецька. Наведено характеристику за складом, віком та життєздатністю видів деревних рослин. Встановлено життєздатність деревних порід залежно від інтенсивності їхнього росту за умов урбанізованого середовища.

UDC 581.52:634.942 (477.60)

VIABILITY OF WOODY PLANTS IN URBAN STREET STANDS IN THE SOUTH-EAST OF UKRAINE

Ye.P. Suslova, O.K. Polyakov, M.V. Netsvetov, O.M. Datsko, O.M. Lykhatska

Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

We have studied certain woody plants (228 species and 63 cultivars) in the street tree lines in the city of Donetsk. The composition, age and viability of these woody plant species have been characterized. Viability of tree species has been established depending on their growth rate under the conditions of the urban environment.

С.П. Жуков

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И УСТОЙЧИВОСТИ ФИТОЦЕНОЗОВ В ХОДЕ ИХ РАЗВИТИЯ НА ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

сукцессия, фитоценоз, породные отвалы, организация, устойчивость

Введение

Одной из основных проблем современного человечества является ухудшение состояния окружающей среды, приобретающее в последние десятилетия глобальный характер. Большое значение при этом имеет восстановление биогеоценозического покрова на промышленно трансформированных землях, возвращение их в биогеохимические циклы биосферы, которая дебалансируется из-за их нарушения. Поэтому вопросы рекультивации нарушенных территорий, ликвидации вредного влияния отходов производства, в том числе породных отвалов угольных шахт, давно уже из просто актуальных перешли в категорию задач, решения которых обеспечивают существование и стабильность развития всех социальных систем, в том числе и в Украине [5, 6]. Всего в Украине только под открытыми разработками и шахтами находится 154 000 га земель, или 0,3 %, а под транспортными сооружениями 491 000 га, или 0,8 % всей территории [2]. Поэтому уничтожение растительного покрова на таких значительных территориях ведет к накоплению углекислого газа в атмосфере с последующими изменениями климата [8].

Для решения этой проблемы необходимо как изменение общественного сознания, что обеспечит внимание органов управления и соответствующее финансирование, так и широкое проведение собственно фиторекультивационных работ, восстановление близкого к природному устойчивого растительного покрова, что предполагает сравнение уровня организации сообществ до и после рекультивации, оценку изменения организации фитоценозов в ходе их развития на нарушенных промышленностью территориях.

Цель и задачи исследований

Цель нашей работы – выявление изменения организации фитоценозов в ходе их динамики. При этом ставятся задачи: оценка уровня организации фитоценозов техногенных территорий на основе их системных характеристик; поиск способов оценки устойчивости таких фитоценозов на разных этапах их развития.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования служили фитоценозы на породных отвалах угольных шахт Донбасса, изученные нами в 1996–2005 гг., по описаниям которых методом композиционной ординации построен ценохроноклин, отражающий последовательность их сукцессионного развития [3, 4].

В качестве параметров, по которым можно оценивать изменение организации и устойчивости фитоценозов, можно использовать видовой состав, первичную продукцию, урожай на корню и др., но в связи с некоторой односторонностью применения отдельных таких параметров, лучше обратиться к кибернетическому рассмотрению систем для выбора интегральных параметров. Каждая система представлена вещественной, энергетической и информационно-организационной составляющими [1]. И устойчивость системы, как следствие её саморегуляции, в наибольшей степени должна быть связана с её организацией, а не с веществом и энергией, которые в основном учитываются вышеуказанными параметрами. Для оценки уровня организации фитоценозов с системных позиций использовали такие характеристики: индекс Шеннона (Шеннона-Уивера) (H), сложность (H_m) и вычисляемый на их основе показатель организации (O) [1].

В кибернетике организация определяется через неопределенность системы, то есть ее энтропию, с помощью формулы Шеннона, по которой определяется и соответствующий индекс разнообразия для фитоценозов:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln p_i \quad (1)$$

где p_i – доля обилия отдельных видов в суммарном обилии, S – количество видов, видовое богатство, H – индекс разнообразия Шеннона.

При равновероятности состояний системы ее неопределенность максимальна и равна сложности:

$$H_m = \log S, \quad (2)$$

где, S – видовое богатство, H_m – сложность системы.

При нарушении равновесия состояний системы ее неопределенность уменьшается, что и связывают с увеличением организации системы:

$$O = H_m - H, \quad (3)$$

где H – индекс разнообразия Шеннона, H_m – сложность системы.

Следовательно, организация системы равна разнице максимальной и текущей неопределенностей системы. Фёрстер предложил также показатель относительной организации системы [1], который позволяет сравнивать между собой различные системы:

$$R_F = 1 - H/H_m = (H_m - H)/H_m, \quad (4)$$

где R_F – показатель относительной организации системы по Фёрстеру, H – индекс разнообразия Шеннона, H_m – сложность системы.

Для расчета средних значений индекса Шеннона и видового богатства сообществ использовали по 30 геоботанических описаний растительных группировок, отнесенных к первой (I) и третьей (III) стадиям сукцессии растительности, и по 60 описаний группировок в начале (IIIa), середине (IIIb) и конце (IIIc) второй стадии сукцессии, наиболее представленной в растительности отвалов, а также обобщенные данные по всем 180 описаниям для второй (II) стадии. Значения индексов вычисляли для каждого описания и затем усредняли на исследуемых интервалах ценохроноклина.

Результаты исследований и их обсуждение

Исходя из параметра организации системы, можно оценивать устойчивость биосистем, таких как биогеоценоз или фитоценоз, как способность не снижать своей организации при функционировании и развитии или возвращаться к исходному уровню после нарушающих воздействий.

Занос диаспор новых видов (в пределах определенного количества) – нормальный фактор влияния флористического окружения в любом сообществе. Появление в структуре фитоценозов новых видов – особенность их сукцессионной динамики, которая неизбежна при отсутствии сформированного «климаксного эдафотоп», без которого не будет устойчивым даже набор видов климаксных сообществ. Поэтому такая возможность динамики сообществ должна быть учтена при оценке степени организации и устойчивости фитоценозов.

Учитывая принцип адекватности [1], во главу угла при определении устойчивости ценологических систем следует поставить, возможно, адекватность организации этих систем (фитоценоза) и их среды, но для рассматриваемого случая (породные отвалы шахт) заметим, что в динамике техногенных экотопов обычно прослеживается постепенное повышение организации такого компонента биогеоценоза, как эдафотоп, при отсутствии направленных изменений или незначительном дрейфе по другим компонентам.

Практически, если рассматривать особь вида как состояние системы, то неопределенность системы превращается в индекс разнообразия Шеннона, от которого можно перейти к выше-

приведенным формулам. Но как состояние фитоценоза можно рассматривать и наименьшую пространственно-структурную единицу, в которой проявляются особенности фитоценоза (мини-фитоценоз, парцелла, и др.[8]), хотя это и сопряжено с большими методическими трудностями. Кроме индекса разнообразия Шеннона-Уивера, для стадий сукцессии растительности отвалов угольных шахт Донбасса вычислен и другой наиболее часто применяемый индекс разнообразия – Симпсона, иногда называемый индексом доминирования [4]. Его изменения в ходе развития фитоценозов происходят согласованно с изменениями индекса разнообразия Шеннона-Уивера (табл.), повышаются от стадии к стадии сукцессии растительности, но при несколько более высоких значениях. Так как эти показатели сходно отражают разнообразие, а в системных исследованиях обычно применяется последний показатель, то дальнейшие расчеты организации фитоценозов и устойчивости их развития вели на его основе.

Таблица. Системные показатели развития фитоценозов по стадиям сукцессии растительности на породных отвалах угольных шахт Донбасса

Параметр системы	Показатель					
	стадии сукцессии					
	I	IIa	IIb	IIc	II	III
Число состояний (среднее количество видов), N(S)	5,17	8,4	12,6	15,58	12,19	21,03
Индекс Шеннона, H	0,65	0,85	1,23	1,4	1,16	1,57
Индекс Симпсона, D	1,95	2,22	3,03	3,46	2,90	3,87
Сложность, H _m	1,64	2,13	2,53	2,75	2,50	3,05
Организация, O	0,99	1,28	1,30	1,35	1,34	1,48
Относительная организация по Фёрстеру, R _F	0,60	0,60	0,51	0,49	0,54	0,48
Относительная организация, R _{Zh1}	1,65	1,66	1,94	2,04	1,87	2,06
Относительная организация R _{Zh2}	0,40	0,40	0,49	0,51	0,46	0,52

Такой показатель, как относительная организация может стать удобным инструментом для сравнения организации различающихся систем. Логика формулы 4 такова: разница неопределенностей (максимальной и текущей) системы, то есть ее организация, отнесенная к максимальной неопределенности (сложности) дает относительную организацию. Но тут идет подмена максимальной организации системы ее сложностью, а сложность, как максимальная неопределенность системы, то есть равновероятность ее состояний, обратна максимальной организации. Расчет индекса Фёрстера, как и предполагалось из анализа его формулы, дает значения, противоположные значениям остальных показателей, в частности, организации систем. Очевидно, что формулу для соответствия реальному положению вещей, то есть для отражения роста организации сообществ в ходе сукцессии, необходимо обратить, и для этого мы можем предложить новый индекс относительной организации:

$$R_{Zh1} = H_m / O = H_m / (H_m - H), \quad (5)$$

где R_{Zh1} – новый индекс относительной организации системы, H – индекс разнообразия Шеннона, H_m – сложность и O – организация системы.

Хотя у этого индекса варьирование значений уже не укладывается в пределы от 0 до 1. Предлагаемый индекс R_{Zh1} показывает стабильное повышение значений относительной организации фитоценозов отвалов шахт в ходе их естественной динамики.

Можно также изменить формулу Фёрстера, упростив ее до отношения существующей неопределенности (индекс Шеннона) к максимальной неопределенности системы (H_m).

$$R_{Zh2} = H/H_m \quad (6)$$

Получившийся индекс относительной организации системы R_{Zh2} имеет пределы варьирования от 0 до 1 и показывает аналогичную предыдущему индексу R_{Zh1} картину соотношения уровней организации между фитоценозами в ходе их сукцессии.

Сравнивая организацию фитоценозов на разных стадиях сукцессии, можно оценить их устойчивость, в частности, такой ее аспект, как сопротивление, показатель способности избегать изменений, противостоять им, особенно наглядно проявляющийся при анализе изменений относительной организации фитоценозов.

По результатам расчета всех названных индексов (см. табл.), происходит постепенное равномерное повышение уровня организации, а соответственно и устойчивости сообществ в процессе сукцессии. При этом надо учитывать, что фитоценозы третьей стадии в основном представлены сообществами начала этой стадии, вследствие редкости сукцессионно более продвинутых. Разница уровня организации между отдаленными стадиями сукцессии (I и III) – 0,49, т.е. выше, чем между парами последовательно проходящих стадий (I и II, II и III) – 0,35 и 0,14. Также меньше, чем между стадиями, и сопротивление переходам внутри стадии, которое можно оценить по повышению уровня организации от начала к середине и к концу второй стадии.

Относительная организация сообществ возрастает не так равномерно: при переходе от первой к началу второй стадии сукцессии величина относительной организации по предложенному нами индексу R_{Zh1} (по Жукову) для сообществ изменяется всего на 0,01. Также и переход от конца второй стадии к третьей имеет низкий перепад относительной организации сообществ – 0,02. Внутри второй стадии сообщества начала и конца второй стадии имеют переходную структуру и определенное сходство в структурном отношении, когда смена сообществ вызывает (или вызывается) ослабление внутренних связей, что проявляется в колебаниях видового состава и структуры, иногда в кратковременном возрастании представленности некоторых видов более ранних или более поздних этапов развития. В силу этого такие сообщества имеют меньшую устойчивость, несколько более низкое сопротивление переходу на последующие стадии. Относительная организация сообществ на таких переходных этапах развития, видимо, отражает, меньшую степень закономерности развития существенно более стохастических сообществ начала второй стадии по сравнению с ее окончанием. Можно предположить, что если в конце второй стадии сукцессии развитие сообществ и переходный процесс определяются уже межвидовыми взаимоотношениями, то в начале второй стадии большее влияние оказывало влияние абиотических факторов, и высокое относительное сопротивление переходу от начала к середине второй стадии отражает как раз смену основного фактора формирования растительных сообществ с абиотического на биотический. Иногда длительное поддержание «пионерной» структуры сообществ связано подчас с замедленным развитием абиотической компоненты биогеоценоза. Относительное сопротивление переходу с первой стадии на начало второй стадии сукцессии растительных сообществ очень низкое (0,01), что отражает случайный занос видов, полную несформированность пионерных сообществ первой стадии, самопроизвольно переходящих в более устойчивое состояние первичных группировок. Необходимо учитывать также и то, что первая стадия сукцессии биогеоценозов отвалов угольных шахт связана и с формированием водорослево-микробных сообществ, как и всего эдафотопы, а появление растений может показывать уже определенную степень развития этих процессов. То есть, если рассматривать фитоценозы отдельно от всего биогеоценоза, то организация сообществ от пионерной стадии к началу второй стадии изменяется незначительно, и они должны самопроизвольно переходить друг в друга в связи с низкой устойчивостью (безусловно, при наличии заноса новых видов). Но если привлечь к расчету данные по другим компонентам биогеоценоза, особенно эдафотопы, то может оказаться, что на уровне такой

целостной ячейки жизни, как биогеоценоз, совокупная организация изменяется более заметно. Этим, видимо, и объясняется длительное сохранение пионерных сообществ в некоторых случаях. Конечно, для этого необходимо решить методические вопросы оценки разнообразия структуры эдафотопы, подвижности особей в зооценозе, а для микробоценоза, особенно альгоценоза, применимы те же подходы, что и к сосудистым растениям. Также низкое значение предложенных индексов относительной организации сообществ имеется при переходе от конца второй стадии к третьей стадии сукцессии растительности, то есть и тут переход самопроизволен, но уже больше в силу внутренних по отношению к фитоценозам причин, он обусловлен и предопределен внутренней логикой развития биогеоценозов как термодинамических систем. Это является продолжением общей тенденции эволюционных процессов саморазвития, когда возникновение новых свойств в системах, их сложного поведения обусловлено потерей устойчивости системой в предшествующем, более простом состоянии, обычно осуществляющейся под воздействием изменений внешней среды [7]. Аналогичным образом можно оценивать устойчивость не только ценологических, но и других систем, например, организменных, популяционных, биогеоценологических, так как это позволяет применение системного подхода к их изучению.

Выводы

Таким образом, системные показатели разнообразия, сложности и организации сообществ показывают их возрастание в ходе сукцессии растительности отвалов угольных шахт. Проведена оценка изменения уровня организации и устойчивости фитоценозов в динамике на модели сукцессии растительности отвалов угольных шахт. Сопrotивление фитоценозов изменениям, структурным переходам в процессе сукцессии выше между отдаленными стадиями и зависит от их структуры. Разница значений индексов относительной организации, то есть относительное сопротивление переходу между сообществами первой стадии и начала второй и конца второй и начала третьей минимальны, что показывает самопроизвольность, детерминированность перехода сообществ на очередные стадии сукцессии вследствие достижения ими критического состояния своей структуры. Изменения устойчивости сообществ между разными стадиями и внутри стадий показывают переход от преобладания в начале сукцессии абиотических факторов формирования сообществ к доминированию в дальнейшем внутренних факторов развития фитоценологических систем.

1. Антомонов Ю.Г. Моделирование биологических систем / Ю.Г. Антомонов. – Киев: Наук. думка, 1977. – 260 с.
2. Дорогунцов С.І. Екосередовище і сучасність. Т.1. Природне середовище у сучасному вимірі / С.І. Дорогунцов, М.А. Хвесик, Л.М.Горбач [та ін.] – К. : Кондор, 2006. – 424 с.
3. Жуков С.П. Взаимоотношения растений при колонизации отвалов шахт Донбасса // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ / под ред. В.С. Новикова и А.В. Щербакова. – М.: Изд-во Ботан. сада Московск. гос. ун-та; Тула: Гриф и КО, 2003. – С. 41 – 43.
4. Жуков С.П. Різноманітність деяких фітосистем з різним рівнем цілісності / С.П. Жуков, Н.Н. Морозова // Укр. ботан. журн. – 2005. – № 6. – С. 48–55.
5. Крисаченко В.С. Екологія, культура, політика. Концептуальні засади сучасного розвитку / В.С. Крисаченко, М.І. Хилькою. – К.: Знання України, 2002. – 598 с.
6. Тимофеева С.С. Основы современного естествознания и экологии / С.С. Тимофеева, С.А. Медведьева., Е.Ю.Ларионова. – Ростов на Дону: Фенікс, 2004. – 384 с.
7. Фокс Р. Энергия и эволюция жизни на Земле / Р. Фокс – М.: Мир, 1992. – 216 с.
8. Lopes de Gerenyu V. O. Effect of temperature and moisture content on CO₂ evolution rate of cultivated Phaeozem: analyses of long-term field experiment / V. O. Lopes de Gerenyu, I. N. Kurganova, L. N. Rozanova, V. N. Kudayarov // Plant, Soil and Environment. – 2005. – Vol. 51, № 5. – P. 213–219.

УДК 581.524:581.55

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И УСТОЙЧИВОСТИ ФИТОЦЕНОЗОВ
В ХОДЕ ИХ РАЗВИТИЯ НА ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

С.П. Жуков

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Проведено изучение изменения организации фитоценозов в соответствии с их динамикой на модели сукцессии растительности отвалов угольных шахт. Уровень организации фитоценозов оценивали на основе их системных характеристик: разнообразия, сложности, организации сообществ и предложенных индексов относительной организации. Показано возрастание этих системных показателей в ходе сукцессии растительности на отвалах угольных шахт. Изменения устойчивости сообществ между разными стадиями и внутри стадий показывают переход от преобладания в начале сукцессии абиотических факторов формирования сообществ к доминированию внутренних факторов развития биогеоценозов в дальнейшем.

UDC 581.524:581.55

ON METHODOLOGY FOR DETERMINATION OF PHYTOCENOSES ORGANIZATION
AND SUSTAINABILITY IN THE COURSE OF THEIR DEVELOPMENT IN COAL MINE DUMPS

S.P. Zhukov

Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

The study of the changes in phytocenoses organization with relation to their dynamics has been underway. This study was conducted on a model of the coal mine dump vegetation succession. The level of phytocenoses organization has been evaluated basing on their system characteristics: diversity, complexity, communities' organization and the indices of relative organization being suggested. The increase in these system indicators in the process of vegetation succession in coal mine dumps is shown. It is evident from the changes in communities' sustainability at different stages and within each stage that at the beginning of succession the abiotic factors predominantly affected community formation, while further on the interior factors of biogeocenoses formation came into effect.

А.В. Бутюгин, А.Л. Антонова, Ю.Н. Зубкова

ВЛИЯНИЕ ГУМАТОВ АММОНИЯ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

гуматы аммония, нефтепродукты, семена трав, рекультивация, биомасса

Введение

Почвенный покров является наиболее ценным и невозобновляемым природным ресурсом. Обладая свойствами устойчивости и саморегуляции, он очень чувствителен к антропогенному воздействию. В последние десятилетия добавился очень опасный фактор этого воздействия – загрязнение окружающей среды нефтепродуктами [1]. Такое загрязнение негативно влияет на растительный покров, т.к. изменяет физико-химические свойства почвы, оказывает токсическое действие на микробиоту почвы и корневую систему растений.

Рекультивацию загрязненных нефтепродуктами почв осуществляют различными методами, к которым относятся как механические, так физико-химические и микробиологические. Наиболее перспективными являются методы, приближенные к естественным процессам. Одним из способов детоксикации и рекультивации загрязненных почв является применение гуминовых кислот, получаемых из различного природного сырья, а также их натриевых и калиевых солей (гуматы) [3]. Установлено, что гуминовые вещества (ГВ) способны снижать токсичность нефтяных углеводородов и стимулировать процессы микробиологической деструкции [5]. В этих целях хорошо зарекомендовали себя и гуминовые кислоты из бурого угля [4]. Однако эффективность аммониевых солей гуминовых кислот из бурого угля еще не изучали, хотя наличие азота в гуминовых препаратах может дать дополнительный вклад.

В НИО «Нетопливное использование углей и утилизация отходов энергетической промышленности» Донецкого национального университета разработана технология получения из бурого угля Александрийского месторождения гумата аммония и гуминовых препаратов на его основе, стимулирующее и адаптогенное воздействия которых на растения доказано в многочисленных опытах [2].

Цель и задачи исследований

Цель – изучение влияния буроугольных гуматов аммония на биометрические показатели растений в условиях модельного загрязнения нефтепродуктами. Задачи – установить влияние нефтепродукта и гумата аммония на рост и развитие овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.), травосмеси – газонную «Универсальная» и экстремальный газон «Склон»

Объекты и методика исследования

В качестве объектов исследований были использованы:

1. Гумат аммония (ГА) буроугольный – разработка Донецкого национального университета; рабочие растворы гумата аммония с концентрациями 10^{-3} – 10^{-2} %;
2. Овсяница луговая (*Festuca pratensis*);
3. Газонная травосмесь «Универсальная» (*Festuca rubra* L., *F. arundinacea* Shreb., *Lolium perenne* L.) фирмы «Вассма»;
4. Травосмесь экстремальный газон «Склон» (*Festuca rubra*, *F. arundinacea*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis* L.);
5. Уайт-спирит – как модельный нефтепродукт.

Субстратом служила смесь из чернозема и песка в объемном соотношении 3:1. В модельном эксперименте было предусмотрено равномерное распределение нефтепродукта по объему субстрата, чтобы избежать влияния флуктуаций его концентрации. Уайт-спирит в количестве 1% массе от сухой массы субстрата предварительно вносили в рассчитанную массу песка с целью достижения равномерного распределения нефтепродукта в объеме субстрата в смеси с черноземом. Вегетационные опыты проводили в сосудах объемом 370 см³. Вегетационные сосуды помещали в соответствующие поддоны с водой и раствором гумата аммония. В каждый сосуд высевали по 0,5 г семян трав. Семена перед посевом опрыскивали водой или раствором гумата аммония (в зависимости от варианта опыта) и подсушивали для достижения сыпучести. Полив осуществляли отстоянной водопроводной водой или раствором гумата аммония (в зависимости от варианта). Повторность опытов – 3-х кратная. Методы исследований – вегетационные лабораторные опыты.

Длительность эксперимента 30–35 дней при комнатной температуре 22–28°C в зависимости от времени года. Растения выращивали при искусственном (1160 лк) и естественном освещении для того, чтобы установить зависимость от продолжительности светового дня и светового спектра. Эксперимент проводили по схеме, представленной в таблице 1. Эталон – это вариант опытов с поливом исходного субстрата раствором гумата аммония. Эталон необходим для фиксации эффекта гуматов аммония.

Таблица 1. Схема опытов по изучению влияния гуматов аммония на рост и развитие травянистых растений в условиях загрязнения модельного субстрата уайт-спиритом (УАС)

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом	
	Подвариант 1	Подвариант 2
1-я серия опытов	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	
Контроль 1 + полив водой	вода	раствор ГА, 10 ⁻² %
Эталон + полив раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻² %
УАС + полив водой	вода	раствор ГА, 10 ⁻² %
УАС + полив раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻² %
УАС + полив водой + опрыскивание раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻² %
2-я серия опытов	<i>Травосмеси «Универсальная» и «Склон»</i>	
Контроль 1 + полив водой	вода	раствор ГА, 10 ⁻³ %
Эталон + полив раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻³ %
УАС + полив водой	вода	раствор ГА, 10 ⁻³ %
УАС + полив раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻³ %
УАС + полив водой + опрыскивание раствором ГА 10 ⁻³ %	вода	раствор ГА, 10 ⁻³ %

Уменьшение концентрации применяемых растворов гуматов аммония с 10⁻²% до 10⁻³% во второй серии опытов связано с тем, что опыты на *F. pratensis* показали ингибирующее действие раствора гумата в концентрации 10⁻²%. По окончании опыта проводили определение высоты растений (для *F. pratensis*), сырой и сухой зеленой массы надземной части и корней. Корни предварительно отмывали водой и высушивали. Для травосмесей «Универсальная» и «Склон» проводили пересчет данных на 1 растение, так как это дает более объективную информацию для анализа.

Результаты исследований и их обсуждение

Первая серия опытов по влиянию растворов ГА на биометрические характеристики растений, выращенных на загрязненном нефтепродуктом субстрате, проведена на овсянице луговой (*F. pratensis*). Результаты опытов представлены в таблицах 2 и 3. Из данных таблиц видно, что во всех опытах прослеживается отрицательная реакция растений на наличие нефтепродукта. Однако полив загрязненной почвы раствором ГА и некорневая обработка растений улучшают их морфологические параметры по сравнению с растениями, выращенными на загрязненной почве, поливаемой только водой. Четко видно, что при искусственном освещении высота растений больше, а сырая и сухая биомасса меньше, чем у растений, выросших при естественном (солнечном) освещении.

Таблица 2. Влияние уайт-спиритового загрязнения на рост и развитие растений *Festuca pratensis* Huds. при естественном освещении

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	водой			раствором ГА, 10 ⁻² %		
	h _{ср.} [?] см	M _{ср.} сырая, г	M _{ср.} сухая, г	h _{ср.} [?] см	M _{ср.} сырая, г	M _{ср.} сухая, г
К1 + полив водой	11,6	33,3	4,8	12,1	38,9	5,3
Эталон+полив ГА 10 ⁻³ %	10,8	30,3	4,5	12,7	41,1	5,6
УАС + полив водой	7,2	10,6	1,5	7,0	10,6	1,6
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	7,2	11,6	1,7	7,6	10,5	1,6
УАС+ полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	-	-	-	8,1	12,8	1,7

Пр и м е ч а н и я: здесь и в табл.3: h_{ср.} – высота растений средняя; M_{ср.} сырая – средняя сырая зеленая масса; M_{ср.} сухая – средняя сухая зеленая масса; УАС – уайт-спирит

Таблица 3. Влияние уайт-спиритового загрязнения на рост и развитие растений *Festuca pratensis* Huds. при искусственном освещении

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	водой			раствором ГА, 10 ⁻² %		
	h _{ср.} [?] см	M _{ср.} сырая, г	M _{ср.} сухая, г	h _{ср.} [?] см	M _{ср.} сырая, г	M _{ср.} сухая, г
К1 + полив водой	14,5	23,0	2,3	14,7	24,7	2,5
Эталон + полив ГА 10 ⁻³ %	14,1	23,2	2,4	12,6	19,2	1,9
УАС + полив водой	10,9	14,0	1,4	10,6	12,5	1,3
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	10,5	13,5	1,4	10,5	13,2	1,3
УАС + полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	-	-	-	9,2	10,9	1,1

Это может быть связано как с круглосуточным освещением, так и с недостаточной интенсивностью в спектре искусственного излучения волн нужной длины. Анализ соотношения длины растений с их массой показывает, что при искусственном освещении произошло увеличение (вытягивание) клеток растений. Опыты, проведенные с мая по июнь 2011 г. месяцы при искусственном освещении не дали положительных результатов относительно ростовых показателей, в отличие от растений, выросших при естественном освещении.

Во второй серии опытов вместо монокультуры (овсяницы луговой) были взяты семена травосмесей «Универсальная» и «Склон». Эксперимент проводили в периоды сентябрь – декабрь 2011 г. и февраль – март 2012 г. Усредненные результаты этих опытов представлены в таблицах 4–7.

Таблица 4. Влияние уайт-спиритового загрязнения на сырую и сухую зеленую массу растений травосмеси «Универсальная» при **естественном освещении**

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	вода			раствор ГА, 10 ⁻³ %		
	М _{ср} 1 растения			М _{ср} 1 растения		
	зеленая		корни	зеленая		корни
	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг
К1 + полив водой	37,81	4,27	2,25	37,43	4,38	2,30
Эталон + полив ГА 10 ⁻³ %	39,37	4,51	2,29	43,52	4,77	2,94
УАС + полив водой	30,06	3,13	2,23	29,90	2,98	1,28
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	32,45	3,55	2,30	32,06	3,49	2,85
УАС + полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	-	-	-	31,73	3,72	2,26

Пр и м е ч а н и е: здесь и в таблицах 5,6,7: М_{ср} – масса зеленая и корней.

Таблица 5. Влияние уайт-спиритового загрязнения на сырую и сухую зеленую массу растений травосмеси «Универсальная» при **искусственном освещении**

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	вода			раствор ГА, 10 ⁻³ %		
	М _{ср} 1 растения			М _{ср} 1 растения		
	зеленая		корни	зеленая		корни
	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг
К1 + полив водой	33,45	2,99	0,68	33,50	2,98	0,81
Эталон + полив ГА 10 ⁻³ %	39,81	3,74	0,84	35,48	3,15	0,87
УАС + полив водой	11,06	1,35	0,54	26,00	2,40	0,63
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	17,08	1,76	0,82	26,22	2,28	0,84
УАС + полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	-	-	-	28,03	2,59	1,11

В таблицах 4 и 5 представлены результаты опытов на травосмеси «Универсальная» в условиях естественного (табл. 4) и искусственного (табл. 5) освещения. По результатам анализа данных таблиц можно отметить следующие закономерности:

- применение гуматов аммония во всех вариантах увеличивает биометрические параметры (в эталоне по отношению к контролю, а также в вариантах с добавками нефтепродукта); это объясняется стимулирующим и адаптогенным действием гуматов;

- при искусственном освещении при добавке нефтепродукта уменьшение зеленой массы растений значительно больше (в варианте с обработкой семян водой), чем при естественном освещении; этот факт можно объяснить наличием в естественном освещении большей доли длин волн с биоактивными свойствами; добавка гуматов компенсирует на энергетическом уровне этот недостаток спектра искусственного освещения;

- при искусственном освещении сухая масса корней значительно меньше, чем при естественном освещении во всех вариантах; это также может быть связано со спектром искусственного освещения.

Таблица 6. Влияние уайт-спиритового загрязнения на сырую и сухую зеленую массу растений травосмеси «Склон» при **естественном освещении**

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	вода			раствор ГА, 10 ⁻³ %		
	М _{ср} 1 растения			М _{ср} 1 растения		
	зеленая		корни	зеленая		корни
	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг
К1 + полив водой	33,59	3,01	1,49	31,21	3,19	1,65
Эталон + полив ГА 10 ⁻³ %	37,87	3,00	1,61	33,08	3,22	1,85
УАС + полив водой	18,58	2,34	1,08	23,88	2,55	1,16
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	24,19	2,62	1,40	24,91	2,73	1,21
УАС + полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	-	-	-	25,05	2,74	1,37

Таблица 7. Влияние уайт-спиритового загрязнения на сырую и сухую зеленую массу растений травосмеси «Склон» при **искусственном освещении**

Варианты опыта	Обработка семян перед посевом					
	вода			раствор ГА, 10 ⁻³ %		
	М _{ср} 1 растения			М _{ср} 1 растения		
	зеленая		корни	зеленая		корни
	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг	сырая, мг	сухая, мг	сухая, мг
К1 + полив водой	30,42	2,63	0,39	30,90	2,87	0,54
Эталон + полив ГА 10 ⁻³ %	30,66	2,65	0,51	31,86	3,10	0,63
УАС + полив водой	24,36	2,07	0,27	24,05	2,10	0,32
УАС + полив ГА 10 ⁻³ %	25,15	2,17	0,42	25,77	2,24	0,56
УАС + полив водой + опрыскивание ГА 10 ⁻³ %	-	-	-	26,63	2,41	0,59

В таблицах 6 и 7 представлены результаты опытов на травосмеси «Склон» при естественном и искусственном освещении. Здесь видны те же закономерности положительного эффекта влияния гуматов на биометрические параметры, что отмечены для травосмеси «Универсальная».

Если сравнивать между собой реакцию этих травосмесей в лабораторных условиях, то можно сказать, что особых различий между ними не наблюдается. Это связано с тем, что основная масса травосмесей представлена одними и теми же видами – *Festuca rubra*, *F. arundinacea*, *Lolium perenne*.

Можно отметить, что вес сырой и сухой биомассы зависит от времени года, в котором проводили опыт. Наибольший прирост был в весенние месяцы, что, вероятно, связано с возрастанием солнечной активности.

Выводы

На основании анализа результатов лабораторных опытов на модельных системах можно констатировать, что гуматы аммония с концентрацией 10⁻³% можно использовать для детоксикации почв, загрязненных нефтепродуктами. Полив почвы, а также предпосевная обработка семян и опрыскивание этим же раствором усиливают интенсивность роста исследуемых растений. Данные эксперимента подтвердили факт, что гуминовые вещества связывают в почве углеводороды бензинового ряда и уменьшают их токсическое действие на растительные организмы.

Кроме того, гумат аммония, полученный из бурого угля, выступает и как стимулятор – адаптоген, что подтверждают показатели варианта с некорневой обработкой растений. Освещенность и условия выращивания растений не влияют на полученные закономерности.

Для подтверждения положительного действия гуматов аммония различной природы как детоксикантов и растительных адаптогенов будет продолжена работа в этом направлении на реальных почвах.

1. Белоусов В.С. Стратегия биомелиорации почв, загрязненных углеводами / В.С. Белоусов, А.А. Швец, Г.П. Зыкова [и др.] // «Биологическая защита растений как основа экологического земледелия и фитосанитарной стабилизации агроэкосистем»: Матер. 6-й Междунар. науч.-практ. конф. (г. Краснодар, 21–24 сент. 2010 г.) – Краснодар: ВНИИБЗР, 2010. – С. 763–768.
2. Зубкова Ю.Н. Природные гуминовые вещества: взаимосвязь природы, способов выделения, физико-химических и биоактивных свойств (2-е изд.) / Ю.Н. Зубкова, А.В. Бутюгин, А.Л. Антонова [и др.] – Донецк: Изд-во Донецк. нац. ун-та. 2010. – 205 с.
3. Колбасов Г.А. Использование промышленных гуматов для рекультивации нефтезагрязненных торфяных почв / Г.А. Колбасов, М.С. Розанова // Естественные и технические науки. – 2010. – №2. – С. 212–216.
4. Салем К.М. Биорекультивация нефтезагрязненных почв гуминовыми препаратами / К. М. Салем, И.В. Перминова, Н.Ю. Гречищева [и др.] // Экология и промышленность России. – 2003. – №4. – С.19–21.
5. Steinberg C.E.W. Towards & Quantitative Structure Activity Relationship (QSAR) of Dissolved Humic Substances as Detoxifying Agents in Freshwaters / Rev. Hydrobiol. – 2000. – Vol. 85. – P. 253–266.

Донецкий национальный университет

Получено 27.06.2012

УДК 574.24:632.15:58.087

ВЛИЯНИЕ ГУМАТОВ АММОНИЯ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

А.В. Бутюгин, А.Л. Антонова, Ю.Н. Зубкова

Донецкий национальный университет

Изучено влияние гуматов аммония на биометрические параметры *Festuca pratensis* Huds. и газонных травосмесей при загрязнении субстрата нефтепродуктами в условиях модельного эксперимента. Показано, что гуматы аммония уменьшают токсическое действие нефтяного загрязнения. Это проявляется в увеличении сырой и сухой зеленой массы растений. Кроме того, показано влияние естественного и искусственного освещения в лабораторных условиях.

UDC 574.24:632.15:58.087

EFFECTS OF AMMONIUM HUMATES ON BIOMETRIC INDICATORS OF PLANTS IN CASE OF SOIL POLLUTION BY MINERAL OIL

A.V. Butyugin, A.L. Antonova, Ju.N. Zubkova

Donetsk National University

The effects of ammonium humates on biometric parameters of *Festuca pratensis* Huds and a mixture of lawn grass in case of substrate pollution by mineral oil under the conditions of modeling experiment have been studied. The study has shown that ammonium humates reduce plant toxic effects of oil pollution. This fact is reflected in the increase in crude and dry green weight of plants. In addition, the effects of natural and artificial illumination in laboratory experiments are shown.

Ю. А. Штирц

ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕРХУШКИ И ОСНОВАНИЯ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *POPULUS NIGRA* L. В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ

древесные растения, *Populus nigra* L., листовая пластинка, морфологическая изменчивость

Введение

Древесные растения выполняют важнейшие средообразующие и средозащитные функции, связанные с выделением кислорода и фитонцидов, ионизацией воздуха, формированием своеобразного микроклимата, а также играют санитарно-гигиеническую роль, поглощая токсичные газы и накапливая вредные вещества. Зеленые насаждения, произрастающие в условиях техногенных территорий, испытывают на себе постоянное влияние неблагоприятных факторов среды. В этих условиях важным свойством древесных растений становится их способность сохранять устойчивость и адаптироваться через изменение строения и функций к изменяющимся условиям среды, что дает им возможность выживать при нарастающем антропогенном экологическом стрессе [13]. Этим обусловлена их фитоиндикационная способность. К настоящему времени накопилось довольно много информации об индикаторной роли древесных растений [1]. Листья являются наиболее чувствительными к условиям окружающей среды органами растений, под влиянием различных факторов в них происходят морфологические изменения [13]. По мнению многих авторов, изменение морфологии листьев одного и того же вида связано со сменой условий его произрастания [1–3, 7, 8, 10, 14, 16, 17 и др.]. Факторы внешней среды, воздействуя на развивающиеся листья, оказывают существенное влияние на становление особенностей их окончательной структуры и формы [11]. Разные части листовой пластинки характеризуются различной степенью изменчивости. Так, в экосистемах с различной степенью антропогенной трансформации максимальный вклад в общую вариабельность формы листовой пластинки *Betula pendula* Roth вносит изменчивость её базальной части в месте прикрепления черешка сравнительно с остальной частью листовой пластинки [5].

Лист увеличивается в длину, главным образом, за счет интеркалярного роста. Первой прекращает рост верхушка листа, а последним – его основание. Соответственно, верхушка листа первой приобретает окончательную структуру, что отражает общую последовательность развития этого органа «сверху вниз» [11].

Значительная изменчивость верхушки и основания листовой пластинки под влиянием техногенного загрязнения отмечена в работе М. В. Андреевой [1] для *Populus tremula* L. в условиях Новгородской области.

Цель исследований – установить морфологическую изменчивость верхушки и основания листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях отвалов угольных шахт и отвалов вскрышных пород.

P. nigra является видом, который встречается в биотопах различных типов, что даёт возможность исследовать морфологическую изменчивость его листовой пластинки в зависимости от влияния тех или иных экологических факторов и определить перспективность применения этого признака в качестве биоиндикатора состояния окружающей среды. Следует отметить также существенную роль *P. nigra* как эдификатора сообществ в условиях трансформированных экосистем [15], поэтому изучение различных аспектов его морфологической изменчивости как проявление адаптации является актуальной задачей.

Объект, условия и методика исследования

Сбор листьев *P. nigra* осуществляли в летние периоды 2010–2011 гг. с укороченных побегов нижней части кроны растений зрелой стадии генеративного периода. Определение возрастного состояния деревьев проводили по системе О. В. Смирновой и др. [12]. Местами сбора листьев являлись породный отвал шахты № 6–14 в г. Макеевке, породный отвал № 1 шахты Чулковка № 8 в г. Донецке, ряд отвалов вскрышных пород Докучаевского флюсо-доломитного комбината Донецкой области.

Эдафотопы породных отвалов угольных шахт характеризуются кислой реакцией субстратов, отвалы Докучаевского флюсо-доломитного комбината – щелочной реакцией. По механическому составу, плодородию, засоленности эдафотопов для указанных отвалов отмечена высокая степень сходства [6].

Для сравнения анализируемых параметров листовых пластинок *P. nigra*, произрастающих в условиях отвалов, с параметрами листовых пластинок данного вида из менее трансформированных экосистем были собраны листья на территории городского парка – Центрального парка культуры и отдыха (ЦПКиО) им. А. С. Щербакова в г. Донецке. Данная территория была нами принята в качестве условного контроля.

Листья были отсканированы при помощи сканера Epson Perfection V33. Дальнейшие измерения проводили в программе ImageJ 1.43u. Объём выборки составил в условиях породных отвалов угольных шахт 380 листовых пластинок, отвалов вскрышных пород – 307, городского парка – 264 листовые пластинки.

Оценку изменчивости верхушки и основания листовой пластинки проводили с использованием числового индекса, методика расчёта которого приведена в работе Т. Н. Гендельс, Л. Ю. Буданцева [4]. Угол, под которым отходили радиус-векторы от центра (согласно упомянутой методике), составил 20°. Оценка достоверности различий сравниваемых параметров проведена с использованием t-критерия Стьюдента. Расчёт значений размаха и коэффициента вариации проводили по формулам, приведенным в работе Г. Ф. Лакина [9]. Статистическая обработка данных проведена с применением пакета Statistica 6.0.

Результаты исследований и их обсуждение

Значения числового индекса верхушки листовой пластинки для всех анализируемых выборок находятся в пределах от 1,21 до 2,65. Листовые пластинки с минимальным и максимальным значениями индекса верхушки отражены на рисунке 1. Согласно градации, приведенной в работе Т. Н. Гендельс, Л. Ю. Буданцева [4], верхушки листовых пластинок в соответствии с числовыми значениями индекса классифицируют следующим образом: значения индекса 1,01–1,26 – верхушка тупая; 1,27–1,49 – острая; 1,50 и более – оттянутая. Ввиду того, что максимальное из вычисленных значений индекса верхушки составляет 2,65, нами выделены дополнительные градации в категории оттянутых верхушек: значения индекса 1,50–1,74 – слабо оттянутая; 1,75–1,99 – коротко оттянутая; 2,00–2,24 – умеренно оттянутая; 2,25–2,49 – длинно оттянутая; 2,50–2,65 – сильно оттянутая.

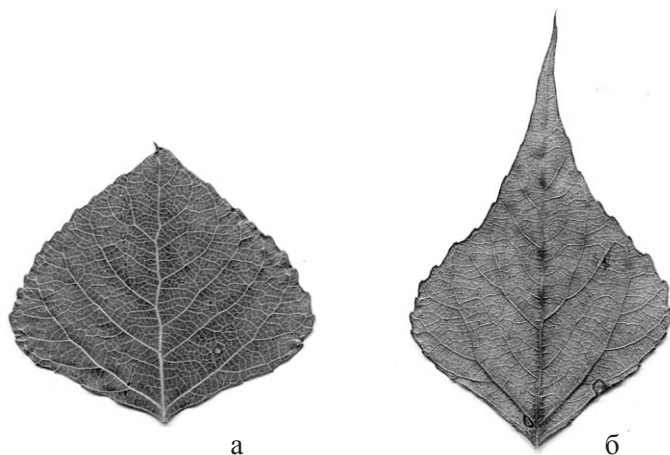


Рис. 1. Листовые пластинки *Populus nigra* L. с различными типами верхушки:

- а) с тупой верхушкой (значение числового индекса – 1,21);
- б) с сильно оттянутой верхушкой (значение числового индекса – 2,65).

Значения числового индекса основания листовой пластинки для всех анализируемых выборок находятся в пределах от 0,74 до 0,99. Листовые пластинки с минимальным и максимальным значениями индекса основания отражены на рисунке 2. Основания листовых пластинок с численными значениями индекса 0,65–0,78 относят к категории острых, с численными значениями 0,79–0,99 – к категории тупых [4].

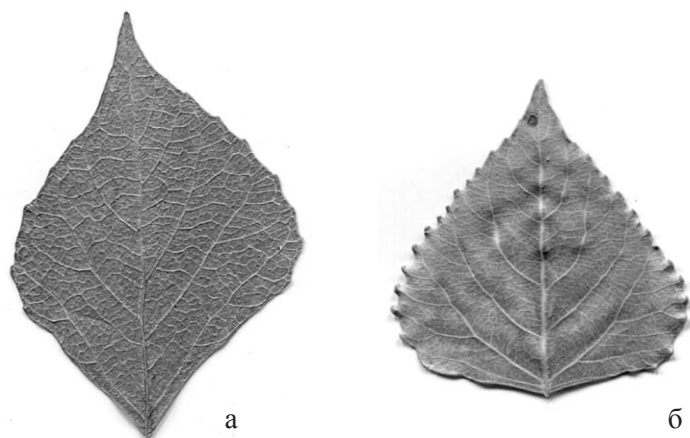


Рис. 2. Листовые пластинки *Populus nigra* L. с различными типами основания:
а) с острым основанием (значение числового индекса – 0,74);
б) с тупым основанием (значение числового индекса – 0,99)

Породные отвалы угольных шахт. Значения числового индекса верхушки листовой пластинки *P. nigra* варьируют от 1,21 до 2,13, размах вариации – 0,92, коэффициент вариации – 13,02%, среднее значение его составляет $1,71 \pm 0,144$. Листовые пластинки со значением индекса верхушки менее 1,27 составляют 3,3% всей выборки, а со значениями 1,27–1,49 – 17,1%, 1,50–1,74 – 30,3%, 1,75–1,99 – 39,5%, 2,00–2,13 – 9,9% (рис. 3).

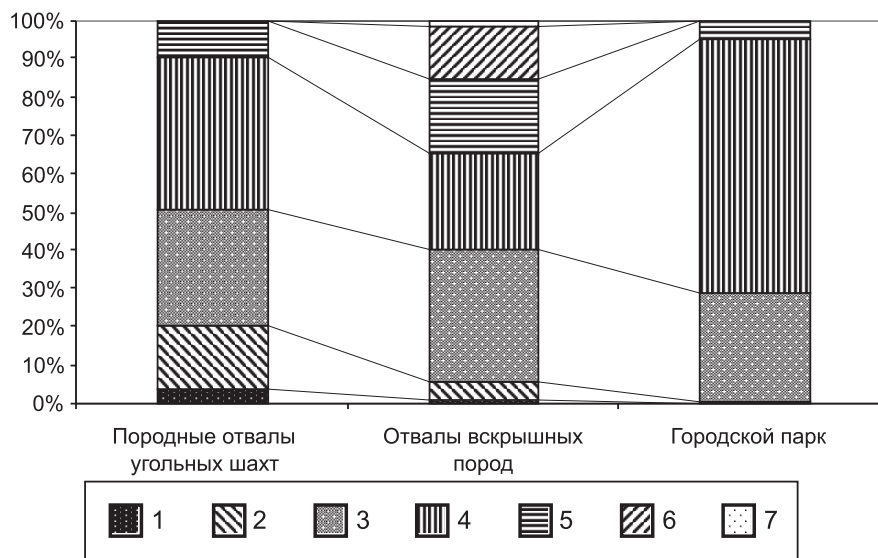


Рис. 3. Распределение листовых пластинок *Populus nigra* L. в выборках, взятых из различных экосистем, соответственно числовому индексу верхушки:
1) 1,01–1,26; 2) 1,27–1,49; 3) 1,50–1,74; 4) 1,75–1,99; 5) 2,00–2,24; 6) 2,25–2,49; 7) 2,50–2,74.

Значения индекса основания листовой пластинки варьируют от 0,76 до 0,99, размах вариации – 0,23, коэффициент вариации – 6,35%, среднее значение составляет $0,88 \pm 0,050$. Основную часть выборки составляют листья со значениями индекса основания 0,79–0,99 – 95,4%, со значением 0,78 и менее – 4,6% (рис. 4).

Отвалы вскрышных пород. Значения числового индекса верхушки листовой пластинки *P. nigra* варьируют от 1,26 до 2,65, размах вариации – 1,39, коэффициент вариации – 16,16%, среднее значение составляет $1,90 \pm 0,178$. Листовые пластинки со значением индекса верхушки менее 1,27 составляют 0,8% всей выборки, 1,27–1,49 – 4,9%, 1,50–1,74 – 34,1%, 1,75–1,99 – 25,2%, 2,00–2,24 – 19,5%, 2,25–2,49 – 13,8%, 2,50–2,65 – 1,6% (рис. 3).

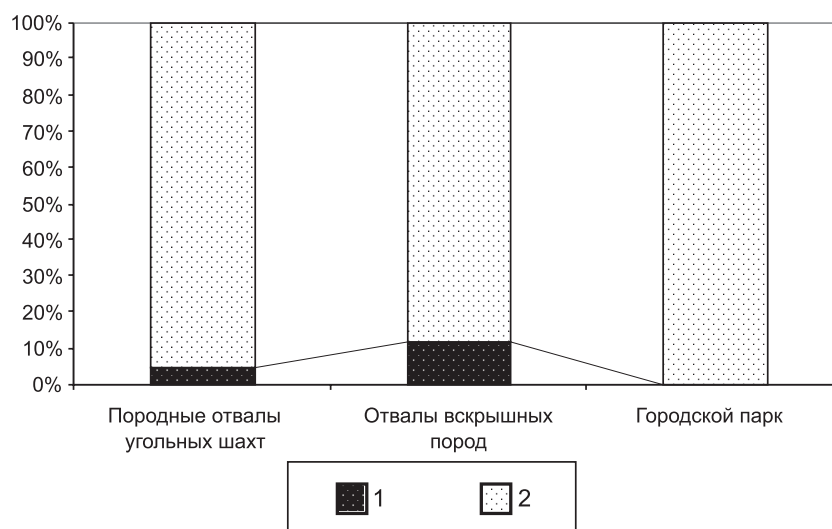


Рис. 4. Распределение листовых пластинок *Populus nigra* L. в выборках, взятых из различных экосистем, соответственно числовому индексу основания:

1) 0,65–0,78; 2) 0,79–0,99

Значения числового индекса основания листовой пластинки варьируют от 0,74 до 0,99, размах вариации – 0,25, коэффициент вариации – 5,68%, среднее значение – $0,84 \pm 0,048$. Основную часть выборки, также как и для отвалов угольных шахт, составляют листья со значением индекса основания 0,79–0,99 – 88,6%, а со значением 0,78 и менее – 11,4% (рис. 4).

Городской парк. Значения числового индекса верхушки листовой пластинки *P. nigra* варьируют от 1,49 до 2,10, размах вариации – 0,61, коэффициент вариации – 6,38%, среднее значение – $1,81 \pm 0,128$. Листовые пластинки со значением индекса верхушки 1,49 составляют незначительную часть выборки – 0,4%, а со значениями 1,50–1,74 – 28,3%, 1,75–1,99 – 66,7%, 2,00–2,10 – 4,6% выборки (рис. 3).

Значения индекса основания листовой пластинки варьируют от 0,80 до 0,93, размах вариации – 0,13, коэффициент вариации – 3,26%, среднее значение составляет $0,86 \pm 0,043$. Следовательно, для всей выборки характерно тупое основание листовой пластинки.

Согласно с оценкой достоверности различий анализируемых параметров с применением t-критерия Стьюдента (при $P < 0,05$) значения индекса верхушки и индекса основания листовой пластинки статистически достоверно различаются при попарном сравнении всех анализируемых выборок (табл. 1, 2).

Таблица 1. Оценка достоверности различий значений индекса верхушки листовой пластинки *Populus nigra* L. с использованием t-критерия Стьюдента при попарном сравнении анализируемых выборок

Места сбора листьев	Породные отвалы угольных шахт	Отвалы вскрышных пород	Городской парк
Породные отвалы угольных шахт	$1,71 \pm 0,144^{**}$	$0,000000^*$	$0,000192^*$
Отвалы вскрышных пород	различия статистически достоверны***	$1,90 \pm 0,178^{**}$	$0,005929^*$
Городской парк	различия статистически достоверны***	различия статистически достоверны***	$1,81 \pm 0,128^{**}$

Примечание. Здесь и далее в табл. 2: * – значение P, при котором отвергается нулевая гипотеза; ** – среднее значение индекса верхушки листовой пластинки (доверительный интервал указан для $P=0,05$); *** – оценка достоверности различий.

Таблица 2. Оценка достоверности различий значений индекса основания листовой пластинки *Populus nigra* L. с использованием t-критерия Стьюдента при попарном сравнении анализируемых выборок

Места сбора листьев	Породные отвалы угольных шахт	Отвалы вскрышных пород	Городской парк
Породные отвалы угольных шахт	0,88±0,050**	0,000008*	0,011610*
Отвалы вскрышных пород	различия статистически достоверны***	0,84±0,048**	0,029023*
Городской парк	различия статистически достоверны***	различия статистически достоверны***	0,86±0,043**

Примечание. Обозначения как в табл. 1.

Выводы

1. Значения числового индекса верхушки листовой пластинки *P. nigra* анализируемых выборок варьируют в пределах от 1,21 до 2,65 и статистически достоверно возрастают в ряду экосистем: породные отвалы угольных шахт → городской парк → отвалы вскрышных пород.

2. Превалирующая часть листовых пластинок всех анализируемых выборок характеризуется оттянутой верхушкой: значение индекса – 1,50 и более. Для городского парка характерно существенное преобладание листовых пластинок с коротко оттянутыми верхушками (значения индекса от 1,75 до 1,99) – 66,7% выборки.

3. Значения числового индекса основания листовой пластинки *P. nigra* варьируют от 0,74 до 0,99 и статистически достоверно возрастают в ряду экосистем: отвалы вскрышных пород → городской парк → породные отвалы угольных шахт.

4. Подавляющая часть листовых пластинок каждой из рассматриваемых выборок характеризуется тупым основанием: значения индекса находятся в пределах 0,79–0,99.

5. В форме листовой пластинки *P. nigra* верхушка является более вариабельной, чем основание. Верхушка и основание листовой пластинки проявляют более выраженную степень вариабельности в условиях промышленных отвалов сравнительно с городским парком, что указывает на их индикационную возможность в техногенных экосистемах.

1. Андреева М.В. Оценка состояния окружающей среды в насаждениях в зонах промышленных выбросов с помощью растений-индикаторов: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.03.03 «Лесоведение и лесоводство, лесные пожары и борьба с ними» / М. В. Андреева. – СПб., 2007. – 20 с.
2. Бессонова Н.В. Использование метода биоиндикации для оценки экологического состояния различных районов в г. Хабаровске / Н. В. Бессонова // Леса России в XXI веке: Матер. I междунар. науч.-практ. интернет-конференции (июль 2009 г.) / Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия. – СПб.: ЛТА, 2009. – С. 11–13.
3. Бухарина И.Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И. Л. Бухарина, Т. М. Поварничина, К. Е. Ведерников. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
4. Гендельс Т.В. Изучение изменчивости формы листовой пластинки *Populus deltoides* (Salicaceae) с помощью числового индекса / Т. В. Гендельс, Л. Ю. Буданцев // Ботан. журн. – 1991. – Т. 76, № 5. – С. 747–752.
5. Жуков А.В. Оценка методами геометрической морфометрии морфологической изменчивости листовых пластинок *Betula pendula* Roth в экосистемах с различной степенью антропогенной трансформации / А.В. Жуков, Ю.А. Штирц, С. П. Жуков // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2011. – № 1 (11). – С. 128–134.
6. Жуков С.П. Растения, устойчивые к повышенной кислотности почв, в фитоценозах отвалов Донбасса / С. П. Жуков // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2011. – № 1 (11). – С. 230–234.
7. Зайцева І.О. Біоекологічні механізми адаптації деревних інтродуцентів у степовій зоні України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук: спец. 03.00.16 «Екологія» / І.О. Зайцева. – Дніпропетровськ, 2012. – 40 с.

8. *Исаков В.Н.* Исследование морфологии листа древесных средствами автоматизации / В. Н. Исаков, Л. И. Висковатова, Я. Я. Лейшовник. – Рига: Зинатне, 1984. – 196 с.
9. *Лакин Г.Ф.* Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
10. *Мигалина С.В.* Размеры листа берёзы как индикатор её продуктивности вдали от климатического оптимума / С.В. Мигалина, Л.А. Иванова, А.К. Махнев // Физиология растений. – 2009. – Т. 56, № 6. – С. 948–953.
11. *Нижегородцев А.А.* Псевдосимметрия растительных объектов как биоиндикационный показатель: теоретическое обоснование, автоматизация оценок, апробация: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: спец. 03.02.08 «Экология» / А.А. Нижегородцев. – Нижний Новгород, 2010. – 24 с.
12. *Смирнова О.В.* Критерии выделения возрастных состояний и особенности хода онтогенеза у растений различных биоморф / О. В. Смирнова, Л.Б. Заугольнова, Н.А. Таронова, Л.Д. Фаликов // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). – М.: Наука, 1976. – Ч. I. – С. 14–43.
13. *Стаковецкая О.К.* Оценка экологического состояния воздушной среды методами биоиндикации / О.К. Стаковецкая, Н.А. Куликова, Е.С. Советова. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gusnauka.com/10_DN_2012/Ecologia/6_106476.doc.htm
14. *Хузина Г.Р.* Влияние урбаноcреды на морфометрические показатели листа берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) / Г.Р. Хузина // Вестник Удмурдского университета. Сер. Биол. – 2010. – Вып. 3. – С. 53–57.
15. *Штирц Ю.А., Штирц А.Д.* Консортивные связи птиц с древесными автотрофами в условиях урбанизированного ландшафта Донбасса // Вісник Донецького університету, сер. А.: Природн. науки. – 2004. – Вип. 1. – Ч. 2. – С. 411–416.
16. *Givnish T.J.* Ecological aspects of plant morphology: leaf form in relation to environment / T. J. Givnish // Acta Biotheor. – 1978. – Vol. 27. – P. 83–142.
17. *Niinemets Ü.* Leaf shape and venation pattern alter the support investments within leaf lamina in temperate species: a neglected source of leaf physiological differentiation / Ü. Niinemets, A. Portsmouth, M. Tobias // Funct. Ecol. – 2007. – Vol. 21. – P. 28–40.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 18.06.2012

УДК 632.15:581.45(477.60)

ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕРХУШКИ И ОСНОВАНИЯ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *POPULUS NIGRA* L. В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ

Ю. А. Штирц

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Проведена оценка морфологической изменчивости верхушки и основания листовой пластинки *Populus nigra* L. с использованием числового индекса. Значения индекса верхушки листовой пластинки *P. nigra* статистически достоверно возрастают в ряду экосистем: породные отвалы угольных шахт → городской парк → отвалы вскрышных пород. Преобладающая часть листовых пластинок рассматриваемых выборок характеризуется оттянутой верхушкой. Для городского парка характерно существенное преобладание листовых пластинок с коротко оттянутой верхушкой (индекс от 1,75 до 1,99). Значение индекса основания листовой пластинки *P. nigra* статистически достоверно возрастает в ряду экосистем: отвалы вскрышных пород → городской парк → породные отвалы угольных шахт. Для основной части листовых пластинок анализируемых выборок характерно тупое основание. В форме листовой пластинки *P. nigra* верхушка является более вариабельной, чем основание. Эти признаки формы листовой пластинки проявляют более выраженную степень вариабельности в условиях промышленных отвалов сравнительно с городским парком. В связи с этим для выявления их индикационных возможностей необходимы дальнейшие исследования в данном аспекте.

UDC 632.15:581.45(477.60)

ASSESSMENT OF THE VARIATION OF *POPULUS NIGRA* L. LEAF BLADE TIP AND BASE UNDER THE INDUSTRIAL WASTE DUMP CONDITIONS

Yu. A. Shtirts

Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

The assessment of the morphological variation of *Populus nigra* L. leaf blade tip and base has been conducted using a numerical index. The values of a leaf blade tip index are statistically significantly increasing for the following array of ecosystems: coal mine dumps → city park → overburden rock dumps. Most part of the leaf blades in the investigated samples is characterized by attenuate tips. In the city park the leaf blades with shortly attenuate tips (index 1.75-1.99) dominate significantly. The values of *P. nigra* leaf blade base are statistically significantly increasing for the following array of ecosystems: overburden rock dumps → city park → coal mine dumps. Blunt bases are characteristic of the most part of leaf blades in the analyzed samples. In *P. nigra* leaf form a leaf tip is more variable index than a leaf base. These features of the leaf form are more variable under the conditions of industrial waste dumps compared to the city park. In this connection, further investigations in this field are needed to reveal the potential use of these indices as indicators.

А.В. Николаева, Л.А. Калафат, А.В. Егорова

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ШИШКОЯГОД И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ *JUNIPERUS OXYCEDRUS* L. В КРЫМУ

Juniperus oxycedrus L., популяция, изменчивость, шишкоягода

Введение

Естественный ареал *Juniperus oxycedrus* L. охватывает северное побережье Средиземного моря от Марокко и Португалии на западе до Ирана на востоке [11]. Крымская часть ареала этого вида простирается от мыса Фиолент (на западе) до горных массивов Карадага (на востоке) и Агармыша на севере [9]. В связи с тем, что *J. oxycedrus* произрастает на сухих каменистых участках, он выполняет важную почвозащитную, водоохранную и средообразующую роль. Этот вид вызывает интерес ученых во многих странах. Активное изучение его также обусловлено существованием различных подвидов и форм, успешно приспосабливающихся к различным условиям. Так, Ф. Лебретонем с соавт. [13] было обнаружено, что основным дискриминирующим признаком между двумя подвидами *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* и *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* были размеры шишкоягод, а не количество семян в них. М. Климко с соавторами [12, 15] выполнили биометрическую экспертизу, основанную на морфологической изменчивости хвои, шишкоягод и семян 13 популяций *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* из восточно- и западно-средиземноморских регионов и сделали вывод о значительных региональных различиях признаков этих популяций. Комплексные исследования были проведены 12 популяций этого вида на Балканском полуострове коллективом авторов [10]. При этом крымские популяции *J. oxycedrus*, которые находятся на северной границе его распространения и подвергаются негативному антропогенному воздействию, до настоящего времени не были достаточно изучены. Особенно важным показателем жизнеспособности вида в конкретных условиях обитания является его семенная продуктивность, которая характеризуется количеством семян, образующихся на генеративном побеге [2].

Поэтому изучение морфометрической изменчивости и семенной продуктивности *J. oxycedrus* в Крыму в связи с усилением антропогенного влияния и климатических изменений является актуальным.

Цель и задачи исследований

Цель данной работы – определить уровень внутри- и межпопуляционной изменчивости линейных размеров шишкоягод и семенной продуктивности четырех популяций *J. oxycedrus* в Крыму для оценки их состояния.

Объекты и методы исследований

Исследовали шишкоягоды 26–69 деревьев из природных популяций: «Агармыш», «Ласпи», «Байдарская долина» и «Айя», собранные в 2008–2009 гг. С каждого дерева брали по 10 шишкоягод. У каждой шишкоягоды с помощью штангенциркуля измеряли линейные размеры: длину (L) и диаметр (D); определяли вес сухих шишкоягод и подсчитывали количество семян в них. Уровень изменчивости признаков оценивали по величине коэффициента вариации (CV) согласно классификации С.А. Мамаева [7]. Дискриминантный анализ использовали для оценки различий между популяциями, а для визуализации и группировки популяций в многомерном пространстве применяли кластерный анализ [3, 6]. Основные статистические расчеты были проведены с помощью компьютерной программы «Statistica 6.0» [1].

Результаты исследований и их обсуждение

Первым этапом работы была проверка на нормальность распределения величин, характеризующих внутрипопуляционную изменчивость всех исследуемых признаков. Полученные данные свидетельствуют, что в исследуемых популяциях на распределении изучаемых признаков отражается воздействие многих факторов, так как из 20 кривых 10 имеют отклонения от нормального распределения с коэффициентом асимметрии больше 0,25 [7] (табл. 1). Все кривые, кроме одной, построенные по распределению значений массы шишкоягод, характеризовались повышенными значениями коэффициента асимметрии, а при распределении значений линейных параметров шишкоягод встречалось, наоборот, нарушение только по одной кривой. Следовательно, наиболее зависимым от различных факторов является признак массы шишкоягод. В дальнейших исследованиях были использованы объединенные выборки исследуемых параметров, которые при необходимости были приведены к нормальному распределению.

Таблица 1. Коэффициенты асимметрии кривых распределения линейных параметров шишкоягод, их массы и количества семян популяций *Juniperus oxycedrus* L. в Крыму

Название популяций	Параметры шишкоягоды			Количество семян
	длина	диаметр	масса	
Агармыш	0,22	0,20	0,33*	-1,06*
Байдарская долина	-0,56*	-1,06*	-0,45*	0,03
Ласпи	-0,12	-0,10	0,65*	-0,59*
Айя	0,17	0,03	0,25	0,11
Вся выборка	-0,09	-0,27*	0,16*	-0,61*

Пр и м е ч а н и е: * отмечены значения, превышающие $\pm 0,25$

Длина шишкоягод *J. oxycedrus* по четырем популяциям варьировала в пределах 5,8–9,4 мм, в среднем – 7,8 мм, а ширина изменялась – 6,1–11,7 мм, в среднем – 9,2 мм (табл. 2). Средние значения этих показателей для 10 популяций *J. oxycedrus* средиземноморского региона были больше для длины – 9,1 мм, и немного меньше для диаметра – 9,0 мм по сравнению с показателями соответствующих параметров популяций в крымском регионе. Такая же закономерность наблюдается для исследуемых параметров шишкоягод балканских популяций (8,32 и 8,98 соответственно) [10, 15]. Следовательно, шишкоягоды крымских популяций вида по сравнению с шишкоягодами средиземноморских популяций значительно не отличаются размерами, но имеют более выраженную эллипсоидную, сжатую форму.

Коэффициенты вариации внутрипопуляционной изменчивости линейных размеров шишкоягод составили 8,9 % и 11,0 %, что позволяет отнести их к признакам с низким уровнем изменчивости. Морфометрическая изменчивость линейных параметров шишкоягод *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* из разных регионов произрастания характеризуется меньшими значениями CV (8,7 % и 10,5 %) [15], а при исследовании внутрипопуляционной изменчивости длины и диаметра шишкоягод *J. oxycedrus* 12 балканских популяций приводятся немного большие значения – CV=9,0% и 11,8 % соответственно [10]. Необходимо отметить, что во всех проведенных исследованиях параметр диаметра шишкоягод более изменчив. Уровень межпопуляционной изменчивости крымских популяций *J. oxycedrus* был на том же уровне ($CV_{\text{длина}}=8,9\%$) или незначительно выше ($CV_{\text{диаметр}}=11,7\%$) по сравнению с уровнем внутрипопуляционной изменчивости. Та же закономерность отмечена и у балканских популяций [10], а для средиземноморских популяций отмечено понижение уровня межпопуляционной изменчивости [15]. Полученные результаты являются подтверждением того, что для большинства видов *Juniperus* характерна низкая и средняя изменчивость размеров шишкоягод, как и для шишек многих видов хвойных [5, 8].

Таблица 2. Изменчивость морфометрических показателей шишкочегод популяций *Juniperus oxycedrus* L. в Крыму

Название популяций	Количество деревьев	Показатель	Параметры шишкочегоды			Количество семян, шт.
			длина, мм	диаметр, мм	масса, г	
Агармыш	69	M±m	7,8±0,09	8,8±0,13	0,2±0,01	2,8±0,03
		CV%	9,2	12,4	31,1	7,5
		лимиты	6,3–9,4	6,6–11,1	0,1–0,4	2,1–3,1
Байдарская долина	26	M±m	7,5±0,15	9,1±0,22	0,2±0,01	2,5±0,7
		CV%	10,2	12,2	32,7	14,2
		лимиты	5,8–8,6	6,1–10,7	0,1–0,3	1,8–3,1
Ласпи	44	M±m	8,0±0,08	9,8±0,13	0,3±0,01	2,6±0,05
		CV%	7,0	8,6	23,3	11,4
		лимиты	6,4–9,1	7,9–11,7	0,2–0,4	2,0–3,0
Айя	31	M±m	7,6±0,14	9,1±0,19	0,2±0,01	2,5±0,08
		CV%	9,3	10,6	28,2	16,3
		лимиты	6,2–9,2	7,0–10,8	0,1–0,3	1,4–3,2
Все популяции	169	M±m	7,8±0,05	9,2±0,08	0,2±0,01	2,7±0,02
		CV%	8,9	11,7	28,9	11,9
		лимиты	5,8–9,4	6,1–11,7	0,1–0,4	1,8–3,1

Примечания: M±m – среднее арифметическое значение ± ошибка, CV – коэффициент вариации

Среднее значение массы шишкочегод в изученных популяциях имеет более высокую амплитуду колебания, которая характеризуется лимитами 0,1–0,4 г, при этом средний коэффициент вариации внутрипопуляционной изменчивости был 28,8 %. Большие значения коэффициента вариации весовых характеристик объясняются тем, что наблюдается как бы сложение амплитуды колебания линейных измерений [7].

Масса шишкочегод тесно связана с количеством семян. Среднее количество семян в шишкочегодах изучаемых популяций изменялось в пределах от 1,8 до 3,1 шт. и в среднем составило 2,7 шт. При этом в средиземноморских популяциях встречались растения, у которых в шишкочегодах было отмечено по 6 семян, а по 10 популяциям среднее значение было на том же уровне, что и у крымских [15]. Коэффициенты вариации внутри и межпопуляционной изменчивости этого признака составили 12,4 % и 11,9 % соответственно и относятся к низкому уровню изменчивости. Низкий уровень изменчивости количества семян также отмечен и для средиземноморских популяций *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* [15] и для *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* [12]. Для *J. excelsa* M. Vieb., также произрастающего в Крыму, характерен средний уровень изменчивости количества семян в шишкочегодах, что подтверждается многими исследованиями [8, 14, 16].

Дискриминантный анализ, проведенный по 6 признакам для всех популяций, показал, что исследуемые популяции достоверно различаются по четырем из них: типоразмер, масса, длина шишкочегод и количество семян в шишкочегодах (табл. 3). Самым важным параметром для выявления различий между особями отдельных популяций было отношение длины шишкочегод к их диаметру, определяющее форму шишкочегод, со значением частной лямбды Уилкса 0,854, который оценивает частный вклад соответствующей переменной в дискриминацию между

Таблица 3. Результаты дискриминантного анализа шишкоягод популяций *Juniperus oxycedrus* L. в Крыму

Параметры шишкоягоды	Показатели	
	частная лямбда Уилкса	p-уровень
Масса	0,855*	0,000
Длина	0,907*	0,001
Ширина	0,967	0,167
Количество семян	0,920*	0,004
Типоразмер	0,854*	0,000
Диаметр/количество семян	0,963	0,108

Примечание. Значения достоверны при $p < 0,005$

совокупностями [3]. Значения статистики Уилкса, лежащие около «0» свидетельствуют о хорошей дискриминации. Полученные результаты подтверждаются и попарным сравнением популяций с помощью теста Тьюки. Результаты дискриминантного анализа 10 популяций *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* показали [15], что достоверно отличаются популяции по 6 характеристикам из 11, при этом характеристики хвои и семян лучше всего различали популяции. Из характеристик линейных размеров шишкоягод только у диаметра шишкоягод значения лямбды Уилкса были $\leq 0,05$.

Дендрограмма, построенная на основании наименьших Эвклидовых дистанций между популяциями, не показала четкой географической дифференциации изучаемых популяций (рис.). В общие кластеры объединяются популяции «Байдарская долина» и «Айя», а популяции «Ласпи» и «Агармыш» располагаются отдельными кластерами. Популяция «Агармыш», наиболее удаленная от остальных на дендрограмме, является и наиболее удаленной географически, располагаясь на северо-восточной границе ареала *J. oxycedrus* в Крыму. Аналогичное отсутствие географической структуры было обнаружено в исследованиях морфологической изменчивости *J. oxycedrus* из 12 географически удаленных популяций Балканского полуострова [10], где большинство популяций фрагментировано были расположены без какой-либо географической привязки. При этом изучение морфологического полиморфизма популяций этого вида из западно- и восточно-средиземноморских центров показало значительные различия между ними [15].

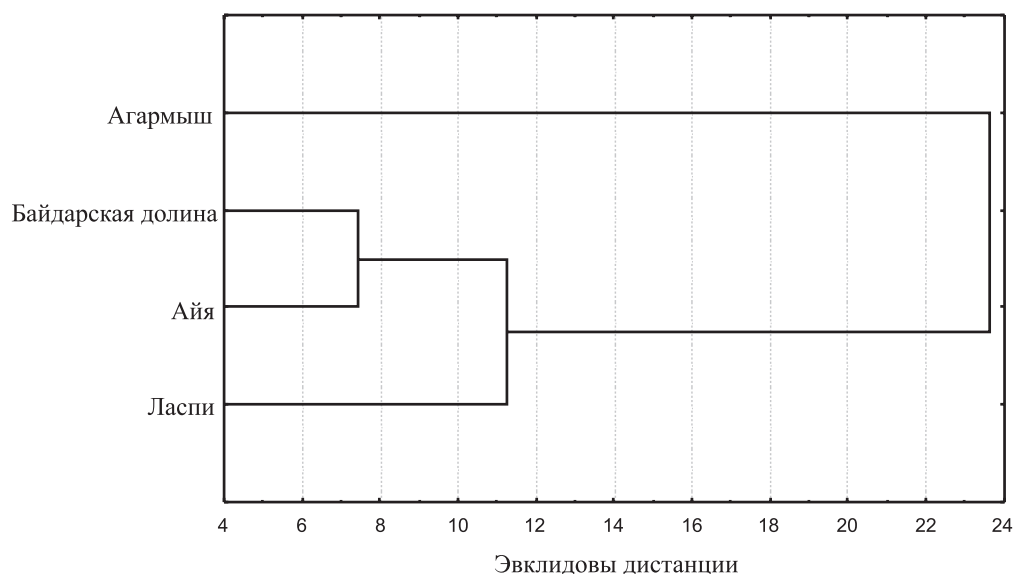


Рис. Дендрограмма, построенная на основании наименьших Эвклидовых дистанций между популяциями *Juniperus oxycedrus* L. в Крыму

Выводы

Таким образом, исследуемые крымские популяции *J. oxycedrus* характеризуются низким уровнем внутривидовой изменчивости линейных параметров шишкочагод и высоким уровнем – массы шишкочагод соответственно, что согласуется в целом с аналогичными значениями для всех хвойных. В изолированных, маргинальных популяциях этого вида в Крыму не отмечено существенной потери фенотипического внутривидового и межвидового разнообразия. Несмотря на достоверные различия между популяциями, кластерный анализ не показал четкой географической дифференциации исследуемых популяций, что, вероятно, связано с единым происхождением и недостаточным временем изоляции исследуемых популяций в Крыму.

1. Боровиков В.П. Statistica: Искусство анализа данных на компьютере / Владимир Павлович Боровиков. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
2. Вайнагий И.В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботан. журн. – 1974. – С. 826–831.
3. Ефимов В.М. Многомерный анализ биологических данных: учеб. пособие / В.М. Ефимов, В.Ю. Ковалев. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ. – 2007. – 75 с.
4. Коршиков И.И. Изменчивость семенной продуктивности можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* Vieb.) в Горном Крыму в разные годы / И.И. Коршиков, А.В. Николаева // Автохтонні та інтродуковані рослини. – 2011. – В. 7. – С. 78–82.
5. Кузьмина Н.А. Изменчивость генеративных органов сосны обыкновенной в Приангарье / Н.А. Кузьмина // Селекция хвойных пород Сибири. – Красноярск, 1978. – С. 96–120.
6. Малков П.Ю. Количественный анализ биологических данных: Учебное пособие / П.Ю. Малков. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ. – 2009. – 71с.
7. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере Pinaceae на Урале) / Станислав Александрович Мамаев. – М.: Наука, 1973. – 284 с.
8. Николаева А.В. Внутри- и межвидовая изменчивость шишкочагод и количества семян в них у *Juniperus excelsa* М. Vieb. в Крыму / А.В. Николаева, М.Е. Кузнецов // Промышленная ботаника. – 2010. – Вып. 10. – С. 113–117.
9. Ругузова Г.І. Біологічні особливості ялівцю червоного (*Juniperus oxycedrus* L.) в Криму у зв'язку з його охороною: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаніка» / Ганна Ігорівна Ругузова. – Ялта, 2006. – 19 с.
10. Absence of geographical structure of morphological variation in *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* in the Balkan Peninsula / R. Brus, D. Ballian, P. Zhelev, M. Pandza, M. Bobinac, J. Acevski, Y. Raftoyannis, K. Jarni // European Journal of Forest Research. – 2011.–Vol. 130. – P. 657–670.
11. Farjon A. A monograph of Cupressaceae and Sciadopitys / Aljos Farjon. – Royal Botanic Gardens Press, Kew. – 2005. – 648 p.
12. Klimko M. Morphological variation of *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* (Cupressaceae) in three Italian localities / M. Klimko, K. Boratyńska, A. Boratyński, K. Marcysiak // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. – 2004. – Vol. 73, № 2. – P. 113–119.
13. Lebreton Ph. Le statut systématique du Genre *Juniperus oxycedrus* L. (Cupressaceae): une contribution d'ordre biochimique et biogéographique / Ph. Lebreton, C. Bayet, M. Muracciole // Lazaroa. – 1991. – Vol. 12. – P. 21–42.
14. Low level of inter-population differentiation in *Juniperus excelsa* M. Bieb. (Cupressaceae) / M. Mazur, K. Boratyńska, K. Marcysiak, Y. Didukh, A. Romo, P. Kosiński, A. Boratyński // Dendrobiology. – 2004. – Vol. 52. – P. 39–46.
15. Morphological variation of *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* (Cupressaceae) in the Mediterranean region / Malgorzata Klimko, Krystyna Boratynska, Jose Maria Montserrat, Yakov Didukh // Flora. – 2007. – Vol. 202. – P. 133–147.
16. Morphological versus molecular markers to describe variability in *Juniperus excelsa* subsp. *excelsa* (Cupressaceae) / B. Douaihy, K. Sobierajska, A.K. Jasinska, Krystyna Boratynska, Tolga Ok, Angel Romo, Nathalie Machon, Yakiv Didukh, Magda Bou, Dagher-Kharat // AoB PLANTS first published online April 18, 2012 doi:10.1093/aobpla/pls013.

УДК 581.15:58.087(477.75)

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ШИШКОЯГОД И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ
JUNIPERUS OXYCEDRUS L. В КРЫМУ

А.В. Николаева, Л.А. Калафат, А.В. Егорова

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Исследована внутри- и межпопуляционная изменчивость морфометрических параметров шишкоягод и семенная продуктивность четырех популяций в Крыму *Juniperus oxycedrus*. В изолированных, маргинальных популяциях этого вида в Крыму не отмечено существенной потери фенотипического внутривидового и межпопуляционного разнообразия. Кластерный анализ не показал четкой географической дифференциации исследуемых популяций, что, вероятно, связано с единым происхождением и недостаточным временем изоляции исследуемых популяций в Крыму.

УДК 58.087:581.15(477.75)

MORPHOMETRIC VARIATION OF GALBERRIES AND SEED PRODUCTIVITY
OF *JUNIPERUS OXYCEDRUS* L. IN CRIMEA

A. V. Nikolaeva, L. A. Kalafat, A. V. Yegorova

Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

The paper covers investigations on the intra- and interpopulational variation of galberry morphometric parameters and seed productivity in four populations of *Juniperus oxycedrus* L. in Crimea. There were no significant losses in phenotypical intra- and interpopulation diversity in isolated and marginal populations of this species in Crimea. A cluster analysis has shown no distinct geographical differentiation of the studied populations that is evidently related to their common origin and a short time of isolation of these populations in Crimea.

В.М. Савосько

ХІМІЧНА ДЕТОКСИКАЦІЯ СУБСТРАТІВ ШАХТНОГО ХВОСТОСХОВИЩА КРИВОРІЖЖЯ

хімічна детоксикація, хвостосховища, техногенні едафотопи, Криворіжжя

Вступ

Інтенсивний розвиток гірничорудної промисловості у другій половині ХХ сторіччя зумовив утворення величезних площ порушених земель, які чинять потужний негативний вплив на стан довкілля індустріальних регіонів [2, 3, 10, 12]. Однак широкомасштабна оптимізація таких земель за рахунок проведення повноцінної рекультивациі гальмується фінансовими (брак коштів) та організаційними (відсутність достатньої кількості пухких гірських порід та гумусовмісних ґрунтів) причинами. Також слід відзначити, що за сучасними тенденціями окремі різновиди порушених земель, зокрема хвостосховища, слід розглядати як перспективні техногенні родовища. Тому при їх рекультивациі вкрай недоцільно нанесення гірських порід та ґрунту [10, 12].

У зв'язку з цим дуже актуальним при рекультивациі хвостосховищ є створення рослинного покриву безпосередньо на їхніх субстратах [5, 6, 11]. Однак вони характеризуються дуже несприятливими фізико-хімічними властивостями та негативно впливають на ріст та розвиток рослин [14, 15]. Тому так перспективна розробка інноваційних технологій попередньої детоксикації субстратів порушених земель.

Проблема хімічної детоксикації забруднених земель неодноразово ставала темою наукових публікацій, де проаналізовані різноманітні технології оздоровлення забруднених територій залежно від якісних та кількісних характеристик забруднень, фізико-географічних особливостей місцевості та організаційно-економічних можливостей [1, 4, 7, 9]. Однак, незважаючи на це, один важливий аспект оздоровлення забруднених земель залишився поза увагою наукової спільноти. Так, у більшості випадків дослідники вивчали забруднення та санацію переважно природних ґрунтів, тоді як проблема детоксикації техногенних субстратів порушених земель практично не відображена у наукових публікаціях.

Важливим питанням детоксикації забруднених ґрунтів і техногенних субстратів є обґрунтування вибору ефективних меліорантів залежно від їхньої екологічної безпеки, технологічної ефективності та економічної рентабельності [4, 13, 16]. У лабораторних та польових умовах було перевірено доцільність використання близько ста різноманітних за фізичним станом, походженням, складом та ефектом дії речовин. Проте на сьогодні немає однозначної відповіді щодо безальтернативного використання того чи іншого меліоранту.

Останнім часом для оцінювання успішності детоксикації ґрунтів та техногенних субстратів перспективним вважається використання методів прямого фітотестування [1, 2, 9, 16]. В якості тест-об'єктів застосовують низку видів судинних рослин, зокрема й люцерну посівну. На нашу думку, цей вид є актуальним для прямого фітотестування, так як він рекомендується для створення стійких культурфітоценозів в умовах техногенних ландшафтів [3, 6, 11]. Тому використання люцерни посівної в якості тест-об'єкта дасть змогу значно прискорити перехід від лабораторних досліджень до польових, а в подальшому до практичних природоохоронних технологій.

Серед територій порушених земель Криворіжжя особливе місце, з наукової точки зору, займають шахтні хвостосховища. Вони були збудовані майже при кожному руднику у 50–60-их роках минулого століття, а на початку 70–их років були залишені без використання [10, 12]. Тому наразі шахтні хвостосховища Криворіжжя являють собою унікальні наукові полігони, на яких розробляються інноваційні технології оптимізації порушених земель.

Мета роботи

Мета роботи – встановити за допомогою методів фітотестування ефективність хімічної детоксикації субстратів шахтного хвостосховища Криворіжжя та намітити перспективи її подальшого використання при оптимізації порушених земель.

Об'єкт та методи дослідження

Об'єктами дослідження були обрані субстрати хвостосховища шахти ім. Артема-2 на Криворіжжі. Зразки відбирали методом конверту з поверхневого шару 0–20 см на ділянках з типовими еколого-едафічними умовами. Субстрати хвостосховища характеризуються [15]: відсутністю гумусового шару; лужною реакцією ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} - 7,5-9,2$; $\text{pH}_{\text{KCl}} - 7,6-8,6$) та несформованістю ґрунтового вбірною комплексу (сума обмінних основ – 2–8 мг.-екв./100 г ґрунту).

Хімічну детоксикацію субстратів шахтного хвостосховища проводили в умовах модельного експерименту за наступною програмою: 1) внесення меліоранту, 2) інкубація, 3) оцінка фітотоксичності. В якості хімічних меліорантів були використані: 1) розчини: а) водогінна вода (10, 20, 30 м³/га), б) 0,002 Н Трилон Б (10, 20, 30 м³/га), в) 0,001 % гуматів (10, 20, 30 м³/га); 2) суміші: а) простий суперфосфат (50, 10, 150 кг діючої речовини на 1 га, б) крейда (1, 3, 5 тон фізичної маси на 1 га).

Після внесення меліоранту та ретельного перемішування зразки субстрату залишали у лабораторних умовах відповідно на 9, 18, та 29 днів. В якості контролю використовували зразки субстратів, які зрошували водою до рівня повної польової вологості та залишали на час інкубації.

Оцінювання токсичності субстратів проводили методом прямого фітотестування. Для цього зразки переносили у чашки Петрі, змочували дистильованою водою до отримання «водного дзеркала» та накривали фільтрувальним папером. Як тест-об'єкт використовували люцерну посівну – *Medicago sativa* L. 'Надія'. Насіння попередньо замочували при температурі +27+28°C. У подальшому проростки переносили на фільтрувальний папір та вирощували при природному рівні освітленості і температурі +25°C. На сьому добу вимірювали приріст головного кореня.

На основі отриманих результатів розраховували кореневий індекс (КІ) [17] та проводили статистичну обробку даних на 95% рівні значимості [8].

Результати досліджень та їх обговорення

Детоксикація розчинними формами меліорантів. Серед заходів оптимізації забруднених земель промивання водою окремих ділянок вважається технологічно найпростішим заходом, який з цього приводу має найдовшу історію застосування [1, 4, 13]. На думку експертів, вода розчиняє хімічні сполуки токсичних елементів та вилуговує їх за межі кореневмісного шару, зумовлюючи таким чином детоксикацію ґрунтів [4].

Отримані у результаті модельних дослідів дані свідчать про позитивний вплив водогінної води на ефективність детоксикації субстратів шахтного хвостосховища Криворіжжя (табл. 1). Проте у більшості випадків, за відсутності статистично достовірної відмінності експериментальних даних від даних контролю, можна стверджувати лише про наявність тенденції. Виключення з цього становлять варіанти досліду з максимальним терміном інкубації меліоранту (29 днів), а також середнім терміном інкубації (18 днів) та максимальною дозою внесення меліоранту (30 м³/га), де спостерігається достовірне зменшення фітотоксичності субстратів. Про зазначену закономірність також свідчать максимальні для водогінної води значення корневих індексів (див. табл. 1).

Аналіз експериментальних даних показує, що між ефектом детоксикації, з одного боку, та дозою внесення меліоранту і терміном інкубації, з іншого боку, існує чітка залежність. Отримані коефіцієнти кореляції підтверджують цю думку та вказують на наявність прямого та сильного зв'язку. Тому в подальшому, використовуючи кореляційно-регресійні прогнози розрахунки, можна запропонувати найбільш ефективну технологію детоксикації субстратів шахтних хвостосховищ шляхом промивання водогінною водою їхнього кореневмісного шару.

Таблиця 1. Вплив розчинних меліорантів на фітотоксичність субстратів шахтного хвостосховища Криворіжжя

Варіант досліджу	Показники тест-об'єкта**					
	довжина головного кореня на 9-й день, мм	КІ	довжина головного кореня на 18-й день, мм	КІ	довжина головного кореня на 29-й день, мм	КІ
	M±m		M±m		M± m	
водогінна вода						
контроль	25,60±1,30	–	25,88±1,51	–	25,20±0,89	–
10 м ³ /га	27,00±1,30	1,05	26,79±1,14	1,04	28,90±1,24*	1,15
20 м ³ /га	27,10±1,40	1,06	27,48±1,09	1,06	28,60±1,34*	1,13
30 м ³ /га	27,20±1,39	1,06	29,79±1,78*	1,15	29,30±1,04*	1,04
0,002 Н розчин Трилоу Б						
контроль	25,60±1,30	–	25,88±1,51	–	25,20±0,89	–
10 м ³ /га	15,20±0,91*	0,59	17,76±0,67*	0,69	19,30±0,65*	0,77
20 м ³ /га	14,12±0,83*	0,55	17,55±0,71*	0,68	16,30±0,68*	0,65
30 м ³ /га	12,70±0,72*	0,50	14,67±0,56*	0,57	12,90±0,43*	0,51
0,001 % розчин гуматів						
контроль	25,60±1,30	–	25,88±1,51	–	25,20±0,89	–
10 м ³ /га	26,30±1,41	1,03	26,52±1,22	1,02	25,90±0,38	1,03
20 м ³ /га	29,12±1,14*	1,14	29,15±0,52*	1,13	27,80±0,89*	1,10
30 м ³ /га	28,43±1,23	1,11	25,70±0,88	0,99	26,70±0,72	1,06

Примітки: тут і в табл.2: M±m – середнє арифметичне значення ± похибка; КІ – кореневий індекс. * – відмінність з контролем статистично значима (P<0,05); **–тест-об'єкт – проростки *Medicago sativa* L. 'Надія'.

За сучасними уявленнями, Трилон Б (Комплексон III, EDTA) – це унікальна хімічна речовина, яка за рахунок утворення хелатних зв'язків здатна вилучати з розчинів певні хімічні елементи, зумовлюючи таким чином протекторний ефект та детоксикацію довкілля [4, 7, 16].

Модельними дослідженнями доведено, що промивання зразків субстратів шахтного хвостосховища 0,002 Н розчином Трилоу Б значно посилює фітотоксичність цих зразків. Так, для всіх варіантів досліджу (за терміном інкубації та дозою меліоранту) встановлено статистично достовірне пригнічення приросту головного кореня тест-об'єкта (див. табл. 1). Наведену думку також підтверджують мінімальні чисельні значення корневих індексів.

Отримані результати посилення фітотоксичності субстратів шахтного хвостосховища після промивання розчином Трилоу Б можна пояснити наступним чином. Потрапивши до розчинів субстратів, Трилон Б починає активно взаємодіяти з хімічними елементами твердої фази та колоїдних часток. Внаслідок цього потенційно фітотоксичні хімічні елементи (ймовірно це лужно-земельні елементи та важкі метали) стають більш мобільними, зумовлюючи таким чином збільшення рівнів фітотоксичності субстратів. Також можна припустити, що утворення хелатних сполук хімічних елементів з Трилоном Б посилює їх надходження до кореневої системи тест-рослин, що також зменшує ефект детоксикації субстратів.

Численні дослідження неодноразово підтверджували потужний протекторний ефект природних та штучно отриманих гумусових сполук [4, 13, 16]. Тому цілком закономірно, що промивання субстратів шахтного хвостосховища 0,001 % розчином гуматів зменшує їхню фітотоксичність (див. табл. 1). Проте статистично достовірний ефект детоксикації був виявлений лише для окремих варіантів досліду: середня доза внесення меліоранту (20 м³/га) для всіх термінів інкубації. Приріст головного кореня у відзначених варіантах збільшився порівняно з контролем на 11–14%. Також слід відзначити, що ефект детоксикації характеризується зворотним напрямком зв'язку з терміном інкубації. Максимальні його значення було виявлено при мінімальній інкубації 9 днів (КІ=1,14). Після самої довшої інкубації зразків ефект детоксикації був найменший (КІ=1,10).

Детоксикація твердими формами меліорантів. Відповідно до уявлень сучасної агрохімії, суперфосфат вважається мінеральним добривом, що поповнює вміст фосфору в ґрунтах. Однак останнім часом була підтверджена здатність суперфосфату утворювати малорозчинні сполуки з певними хімічними елементами: важкими металами та лужноземельними елементами [4, 16]. Тому вважається перспективним використовувати суперфосфат і в якості хімічного меліоранту з метою санації забруднених територій.

Аналіз експериментальних даних показує, що застосування суперфосфату характеризується різноманітним впливом на зміну фітотоксичності субстратів шахтного хвостосховища (табл. 2). Так, при мінімальній інкубації (9 днів) виявлено статистично достовірне пригнічення росту головного кореня тест-рослини у варіантах досліду з середньою (100 кг д. р./га) та максимальною дозами меліоранту (150 кг д. р./га). Про зазначену закономірність також свідчать чисельні значення КІ, які знаходяться у межах 0,84 – 0,86. Максимальний термін інкубації (29 днів) меліоранту при мінімальній дозі (50 кг д. р. / га) зумовлює зменшення рівнів фітотоксичності зразків субстрату – КІ=1,25.

Таблиця 2. Вплив твердих меліорантів на фітотоксичність субстратів шахтного хвостосховища Криворіжжя

Варіант досліду	Показники тест об'єкта**					
	довжина головного кореня на 9-й день, мм	КІ	довжина головного кореня на 18-й день, мм	КІ	довжина головного кореня на 29-й день, мм	КІ
	M±m		M±m		M±m	
суперфосфат						
контроль	25,60±1,30	–	25,88±1,51	–	25,20±0,89	–
50 кг д. р. / га	26,80±1,40	1,05	27,15±0,94	1,05	31,61±0,72*	1,25
100 кг д. р./га	21,61±1,11*	0,84	25,91±1,06	1,01	24,92±0,71	0,99
150 кг д. р./га	22,14±1,10*	0,86	23,30±1,15	0,91	23,21±0,66	0,92
крейда						
контроль	25,60±1,30	–	25,88±1,51	–	25,20±0,89	–
1 т ф. м. /га	30,21±1,20*	1,18	30,64±1,36*	1,18	29,01±1,25*	1,15
3 т ф. м. /га	31,92±1,12*	1,25	31,67±1,32*	1,22	30,11±1,14*	1,14
5 т ф. м. /га	29,52±1,40*	1,15	31,33±1,06*	1,21	29,52±1,31*	1,31

П р и м і т к и: *статистично достовірні різниці відносно контролю за P<0,05; **тест-об'єкт – *Medicago sativa* L. 'Надія'; д. р. – діюча речовина; ф. м. – фізична маса (тут та по тексту).

У інших варіантах модельного досліду приріст головного кореня тест-рослини знаходиться на рівні контрольних значень. Виявлені факти дещо парадоксальні, тому потребують додаткового осмислення та перевірки.

Крейда здавна та регулярно використовується під час хімічної меліорації кислих ґрунтів. Протягом останніх 25 років вона, завдяки утворенню малорозчинних сполук (карбонатів важких металів), також знайшла застосування для детоксикації забруднених земель [4, 7, 13].

Наведені в таблиці 2 дані досліду дозволяють стверджувати, що застосування крейди, як хімічного меліоранту, дуже перспективно. Так, у всіх варіантах досліду (за терміном інкубації та дозою меліоранту) без виключення виявлено статистично достовірний позитивний ефект детоксикації субстратів шахтного хвостосховища. Також слід відзначити, що середня доза меліоранту (3 т/га) характеризується максимальними приростами головного кореню тест-рослини ($KI=1,19-1,25$), що було виявлено для всіх термінів (9, 18 та 29 днів).

Заключення

Найбільший позитивний ефект хімічної детоксикації субстратів шахтного хвостосховища було встановлено для таких варіантів застосування меліорантів: внесення крейди (3 т ф. м./га, 18 днів інкубації, 5 т ф. м./га, 29 днів інкубації), внесення суперфосфату (50 кг д. р. / га, 29 днів інкубації), промивання водогіпною водою (30 м³/га, 29 днів інкубації). З урахуванням організаційно-економічних передумов, для практичного застосування можна рекомендувати таку схему попередньої хімічної детоксикації субстратів шахтних хвостосховищ: внесення крейди у дозі 3 т фізичної маси на 1 га при 18 днях інкубації.

Отримані результати можуть бути використані при проведенні попередньої детоксикації техногенних субстратів порушених земель. У майбутньому доцільно провести дослідження з детоксикації субстратів шахтних хвостосховищ безпосередньо у польових умовах (in situ). Також доцільно звернути увагу на комбіноване застосування розчинних та твердих форм меліорантів.

1. *Аблаева Л.А.* Перспективныенаправленияиспользованияприродныхглиндляочисткиурбанизированныхтерриторий / Л.А. Аблаева, Е.А. Борисовская // Доп. Національної академії наук України. – 2011. – №3. – С. 187–190.
2. *Глухов А.З.* Растения в антропогенно трансформированной среде / А. З. Глухов, А. И. Хархота // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып. 1. – С. 5–10.
3. *Глухов О.З.* Стратегії популяцій рослин у техногенних екосистемах / О.З. Глухов, Г.І. Хархота, С.І. Прохорова, І.В. Агурова // Промышленная ботаника. – 2011. – Вып. 11. – С. 3–13.
4. *Егорова Е.В.* Эколого-биологическая оценка мелиорантов для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами / Е.В. Егорова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – № 1. – С. 55–62.
5. *Жуков С.П.* Регульована рекультивация промислово порушених територій / С.П. Жуков // Промышленная ботаника. – 2010. – Вып. 10. – С. 11–15.
6. *Зубова Л.Г.* Теоретичні і прикладні основи відновлення техногенних ландшафтів до рівня природних (на прикладі териконових ландшафтів Донбасу): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Л.Г. Зубова. – Дніпропетровськ, 2004. – 32 с.
7. *Кузьмич М.А.* Влияние известкования на поступление ТМ в растения / М.А. Кузьмич, Г.А. Графская, Н.В. Хостанцева // Агрохимический вестник. – 2000. – № 5. – С. 28–29.
8. *Лакин Г.Ф.* Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
9. *Лысенко Л.Л.* Электрохимическая детоксикация почв и перспективы ее развития / Л.Л. Лысенко, М.И. Пономарев, Б.Ю. Корнилович и др. // Экотехнологии и ресурсосбережения. – 2001. – № 3. – С. 49–52.
10. *Лысый А.Е.* Экологические и социальные проблемы и пути оздоровления крупного промышленного региона (на примере Криворожского железорудного бассейна) / А.Е. Лысый, С.А. Рыженко, И.П. Козятин. – Кривой Рог: Этюд Сервис, 2007. – 428 с.
11. *Мазур А.Е.* Создание травянистых фитоценозов на эдафотобах отвалов угольных шахт Донбасса: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / А.Е. Мазур. – Днепропетровск, 1981. – 26 с.
12. *Малахов И.М.* Техногенез у геологічному середовищі / И.М. Малахов. – Кривий Ріг: Октант-Принт, 2003. – 252 с.

13. *Минкина Т.М.* Влияние различных мелиорантов на подвижность цинка и свинца в загрязненном черно-земе / Т.М. Минкина [и др.] // *Агрехимия*. – 2007. – № 10. – С. 67–75.
14. *Савосько В.М.* Оцінка фітотоксичності субстратів шахтних хвостосховищ Криворіжжя / В.М. Савосько // *Промышленная ботаника*. – 2011. – Вып. 11. – С. 19–25.
15. *Савосько В.М.* Физико-химические свойства субстратов шахтных хвостохранилищ Кривбасса / В.М. Савосько, М.А. Невядомский, П.Ю. Кудрявая // *Питання біоіндикації та екології*. – Запоріжжя: Вид-во Запоріж. нац. ун-ту, 2010. – Вып. 15, № 1. – С. 88–97.
16. *Харитонов М.М.* Ефективність детоксикації забруднених важкими металами ґрунтів за допомогою мінералів / М.М. Харитонов // *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. – 2004 . № 2. – С. 32.
17. *Wilkins D.A.* The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth / D.A. Wilkins // *New Phytol.* – 1978. – Vol. 80, № 3. – P. 623–633.

Криворізький педагогічний інститут
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Надійшла 09.08.2012

УДК 502.22:504.54.062.4+631.427.3(477.63)

ХІМІЧНА ДЕТОКСИКАЦІЯ СУБСТРАТІВ ШАХТНОГО ХВОСТОСХОВИЩА КРИВОРІЖЖЯ
В.М. Савосько

Криворізький педагогічний інститут
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Методами модельних експериментів досліджували можливість використання водогінної води; 0,002 Н розчин Трилону Б; 0,001 % розчин гуматів; простого суперфосфату та крейди для детоксикації субстратів шахтного хвостосховища. Встановлено, що для практичного застосування доцільно застосовувати наступну схему попередньої хімічної детоксикації субстратів шахтних хвостосховищ: внесення крейди у дозі 3 т фізичної маси на 1 га при 18 днях інкубації.

UDC 502.22:504.54.062.4+631.427.3(477.63)

CHEMICAL DETOXICATION OF MINE TAILINGS SUBSTRATES IN KRYVYI RIH
ORE MINING REGION
V.M. Savosko

Kryvyi Rih Pedagogical Institute
SHEI 'National University of Kryvyi Rih'

We have investigated by methods of model experiments the potential use of water supply; 0.001 N solution of complexone III (versene); 0.001% solution of humates; simple superphosphate and chalk for detoxification of the mine tailings substrates. It has been found that the following practical scheme of a previous chemical detoxification of mine tailings substrates should be used: application of chalk at a dose of 3 tons of individual weight per 1 ha at 18 days of incubation.

М.Е. Сергеев

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ *ZYGOGRAMMA SUTURALIS* F. (COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE) ДЛЯ БОРЬБЫ С *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L. НА ЮГО-ВОСТОКЕ УКРАИНЫ

Zygogramma suturalis F., *Ambrosia artemisiifolia* L., юго-восток Украины, биологические средства борьбы

Введение

На сегодняшний день одной из фитосанитарных проблем Украины является повсеместное распространение амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.), засорение ею сельскохозяйственных земель и вызываемые ею тяжелые заболевания у населения. Несмотря на широкий арсенал применяемых средств и мероприятий (химические, агротехнические, карантинные) амброзия продолжает интенсивно распространяться [9]. Биологическая борьба – некоторыми авторами рассматривается, как один из радикальных способов естественного контроля амброзии полыннолистной [2]. В качестве одного из наиболее эффективных агентов в борьбе с амброзией долгое время считали американский амброзиевый листоед – *Zygogramma suturalis* F. – фитофаг, специально интродуцированный на территорию бывшего СССР в конце 70-х годов прошлого века [3, 6]. В первые годы после его интродукции было отмечено, что для подавления очагов амброзии необходима была высокая плотность населения *Z. suturalis* на единицу площади (до 5000 экземпляров на 1 м²), наличие пригодных мест для их зимовки и возможность для выгода 6–7 поколений фитофага в одном биотопе [5, 7, 13]. В настоящее время *Z. suturalis* широко распространился не только по территории юга европейской части России, но и стал неотъемлемой частью энтомофауны юго-востока Украины [1, 12]. Однако, основная предполагаемая его функция – эффективного биологического средства подавления очагов амброзии полыннолистной – оказалась нереализованной [10, 11, 15]. По сравнению с первыми годами интродукции фитофага, плотность популяции крайне уменьшилась (до 2-3 экземпляров на 1 м²), что не дает ожидаемого эффекта элиминации очагов амброзии. Тем не менее, в Украине интерес к амброзиевому листоеду, как агенту в биологической борьбе с амброзией, остается достаточно высоким. Более того, в некоторых работах продолжается не вполне обоснованная пропаганда использования *Z. suturalis* как эффективного биологического средства в борьбе с амброзией, при этом не требующего серьезных материальных затрат [2, 8].

Цель и задачи исследования

Цель работы – анализ состояния популяции амброзиевого листоеда и определение его потенциальной способности подавлять очаги амброзии полыннолистной на юго-востоке Украины. Задачи исследования: установить показатели плотности популяции амброзиевого листоеда и провести сравнение этих показателей в настоящее время с соответствующими данными, полученными на исследуемой территории в начале 2000-х гг.

Объект и методика исследований

Объект исследования – американский амброзиевый листоед (*Zygogramma suturalis* F.) [1]. Род *Zygogramma* Chev., 1837 насчитывает в настоящее время около 50 видов, распространенных исключительно в Новом Свете – в Центральной и Северной Америке. Трофически все виды листоедов данного рода связаны с растениями семейства Asteraceae. По совокупности морфологических признаков *Z. suturalis* принадлежит к группе родов, близких к *Leptinotarsa* Say, 1824, наиболее известным представителем которого является колорадский жук (*L. decemlineata* Say,

1858) [5, 13]. Первые результаты успешного подавления листоедом очагов амброзии на всех стадиях развития были получены в Ставропольском и Краснодарском краях [10, 11]. Позднее здесь же было отмечено и резкое снижение эффективности воздействия листоеда на очаги амброзии. Нами впервые находка амброзиевого листоеда на юго-востоке Украины сделана в июле 1998 года в окрестностях поселка Володарское, в Володарском районе Донецкой области [12].

Исследования, результаты которых положены в основу работы, были проведены нами в период с 2009 по 2012 гг. на территории Донецкой области. В связи с тем, что в период с 2001 по 2009 гг. специальных исследований не проводили, поиск амброзиевого листоеда и соответствующие наблюдения были начаты в местах первой находки. Всего было обследовано 17 пунктов в 8 районах области – Амвросиевском, Володарском, Волновахском, Константиновском, Новоазовском, Старобешевском, Шахтерском, Ясиноватском. Учет плотности населения листоеда был проведен лишь там, где были найдены более-менее крупные скопления (в 4 пунктах и 2 районах). В остальных точках листоед отмечен нами в единичных экземплярах. Поиск имаго листоеда в биотопах проводился с помощью кошени стандартным энтомологическим сачком [14]. Учет плотности населения листоеда в полевых условиях проведен методом трансект, с пробной площадкой 1 м². Учет проводили, главным образом, в два периода: первый – в конце апреля и в мае – для анализа плотности населения жуков первого (перезимовавшего) поколения, и второй – в конце июня и начале июля – во время выхода жуков второго поколения. По возможности учитывали плотность личинок, кладок яиц, условия зимовки имаго и степень поврежденности амброзии. Для сравнения показателей плотности листоеда, нами использованы имеющиеся литературные данные по его распространению в Предкавказье [10, 11, 12].

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных исследований отмечено, что за последние 14 лет амброзиевый листоед постепенно расширяет свой вторичный ареал в северном и восточном направлениях в пределах юго-востока Украины. В настоящее время наиболее северная находка листоеда в Донецкой области сделана нами на северо-восточной окраине г. Краматорска. В северном Приазовье листоед распространен от Ростовской до юга Запорожской области. Достоверных сведений о распространении листоеда дальше на восток степной зоны Украины нет.

Наши наблюдения показали, что на протяжении последнего десятилетия плотность населения листоеда осталась на стабильном уровне, а в некоторых районах снизилась. На большей части исследуемой территории *Z. suturalis* встречается либо единичными экземплярами, либо небольшими скоплениями. В таблице приведены некоторые показатели состояния популяции *Z. suturalis* на юго-востоке Украины в разные периоды исследования и, для сравнения, в Ставропольском и Краснодарском краях.

Таблица. Основные показатели состояния популяции *Zygotogramma suturalis* F. на юго-востоке Украины и Предкавказье

Параметры популяции	Средние показатели плотности (экз./м ²)			
	юго-восток Украины		Предкавказье	
	1999–2001 гг.	2009–2012 гг.	1983–1989 гг.	2000–2005 гг.
Имаго	2–5	2–5	30–50	2–3
Личинки I возраста	3–12	3–8	200–300	8–10
Кладки яиц	2–4	2–4	–	2–4
Плодовитость самки (минимальное /максимальное количество яиц)	62/163		145/563	

Из таблицы видно, что основные показатели популяции *Z. suturalis* сходны с показателями популяции с Предкавказья. Плотность его популяции крайне низкая для эффективного подавления очагов амброзии. Большая разница в среднем количестве личинок первого возраста в начале 80-х годов в Предкавказье и там же в начале 2000-х связана с некоторыми особенностями биологии листоеда [7, 15]. В первые годы интродукции было отмечено, что амброзиевый листоед не способен к активному полету, что значительно ограничивало его распространение по территории. При этом самки листоеда откладывали яйца на незначительном удалении друг от друга на кормовом растении и сопутствующем субстрате. В результате на ограниченной площади плотность населения фитофага значительно возрастала. Поначалу это способствовало уничтожению очагов амброзии. Однако, в дальнейшем амброзиевый листоед развил способность к полету и, благодаря этому, значительно распространился на исследуемой территории. Плодовитость самок осталась прежней, но рассеянность кладок по большой территории стала причиной резкого снижения плотности населения личинок первого возраста.

Общий анализ повреждений, нанесенных листоедом растениям амброзии на юго-востоке Украины, показал, что для жизнедеятельности растения они не опасны. Имаго и личинки, в основном, повреждают краевые листья верхнего яруса и точку роста. При этом, за весь период (с 1998 по 2012 гг.) на исследуемой территории не было зафиксировано ни одного случая уничтожения листоедом даже одного растения амброзии. Это объясняется крайне низкой для этого плотностью популяции листоеда.

Анализ условий зимовки листоеда в условиях юго-востока Украины показал, что в агроценозах и антропогенных биотопах она успешно проходит лишь в тех случаях, когда в течение осенне-весеннего периода не проводятся агротехнические мероприятия (вспашка, боронование, дискование и т.д.). Кроме того, для успешной зимовки листоеду необходим слой растительной подстилки и достаточно рыхлый грунт, в который он способен зарыться в случае снижения температуры. Как известно юго-восток Украины – крупный промышленный и густонаселенный регион. На его территории огромную площадь занимают промышленные отвалы, а в городах, большая площадь занята частным сектором. Все эти антропогенные ландшафты плотно заселены амброзией, либо насыщены ее семенами. Ни в одном из таких мест *Z. suturalis* не имеет условий для успешной зимовки, и соответственно эти районы выпадают из «сферы влияния» листоеда как агента в биологической борьбе с амброзией. Все находки, осуществленные нами в регионе, свидетельствуют лишь о миграции особей *Z. suturalis*, которые расселяются по территории региона.

Выводы

На основании проведенных исследований установлено, что *Z. suturalis* широко распространен на территории юго-востока Украины. Плотность его популяции на протяжении последних десяти лет остается стабильно низкой на всей этой территории. Низкая плотность популяции, а также биоэкологическая требовательность к условиям зимовки амброзиевого листоеда свидетельствуют о малоприспособности и бесперспективности этого фитофага для использования на современном этапе в качестве агента в биологической борьбе с амброзией полынолистной на юго-востоке Украины. В дальнейшем требуется исследование биоэкологических особенностей фитофага, мониторинг распространения и динамики его популяции в регионе.

1. Беньковский А.О. Определитель жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) европейской части России и европейских стран ближнего зарубежья / А.О. Беньковский – М.: ООО «Техполиграфцентр», 1999. – 204 с.
2. Бровдій В.М. Біологічний захист рослин: навчальний посібник. / В.М. Бровдій, В.В. Гулий, В.П. Федоренко // К.: Світ. – 2003. – С. 251–252.
3. Ковалев О. В. Акклиматизация американских фитофагов в СССР для биологической борьбы с амброзиями и новый биологический феномен – объединенные популяционные волны / О. В. Ковалев // Труды XII SIEEC: Тез. Докл. – Киев, 1991. – С. 114–117.

4. Ковалев О.В. Формирование солитоноподобных волн при инвазиях организмов и в эволюции биосферы / О.В. Ковалев // Эволюционная биология. Том 2: матер. 2-ой междуна. конф. «Проблемы вида и видообразования». – 2002. – С. 65–81.
5. Ковалев О. В. Теоретические основы интродукции амброзиевых листоедов рода *Zygogramma* Chev. (Coleoptera, Chrysomelidae) в СССР для борьбы с амброзией / О. В. Ковалев, Л. Н. Медведев // Энтомологическое обозрение. – 1983. – Т. 62, вып.1. – С. 17–33.
6. Ковалев О. В. Особенности методики применения листоедов рода *Zygogramma* Chev. (Coleoptera, Chrysomelidae) в биологической борьбе с амброзиями (*Ambrosia artemisiifolia* L., *A. psilostachya* DC.) / О. В. Ковалев, С. Я. Резник, В. Н. Черкашин // Энтомологическое обозрение. – 1983. – Т. 62, вып. 2. – С. 402–408.
7. Ковалев О. В. Описание нового волнового процесса в популяциях на примере интродукции и расселения амброзиевого листоеда *Zygogramma suturalis* F. (Coleoptera, Chrysomelidae) / О. В. Ковалев, В. В. Вечерин // Энтомологическое обозрение. – 1986. – Т. 65, вып. 1. – С. 21–38.
8. Куць О. І. Амброзійевий смугастий листод / О. І. Куць // Карантин і захист рослин. – 2006. – № 10. – С. 4–5.
9. Марьюшкина В. Я. Амброзия полыннолистная и основы биологической борьбы с ней / В. Я. Марьюшкина. – Киев: Наук. думка, 1986. – 120 с.
10. Резник С.Я. Факторы, определяющие границы ареалов и плотности популяций амброзии полыннолистной *Ambrosia artemisiifolia* L. (Asteraceae) и амброзиевого листоеда *Zygogramma suturalis* F. (Coleoptera, Chrysomelidae) / С.Я. Резник // Вестник защиты растений. – 2009. – Т. 2, вып. 4. – С. 20–28.
11. Резник С. Я. Плотности популяции амброзиевого полосатого листоеда *Zygogramma suturalis* F. (Coleoptera, Chrysomelidae) на Северном Кавказе в 2005 г. / С.Я. Резник, И.А. Спасская // Труды Русского энтомологического общества. — СПб., 2006. Т. 77. – С. 267–271.
12. Сергеев М. Е. Биология и перспективы применения *Zygogramma suturalis* (F.) (Coleoptera, Chrysomelidae) на юго-востоке Украины для контроля очагов амброзии полыннолистной / М. Е. Сергеев // Відновлення порушених природних екосистем: матер. III міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 7-9 жовтня, 2008 р.) – Донецьк. – 2008. – С. 496–501.
13. Теоретические основы биологической борьбы с амброзией / [под ред. О.В. Ковалева, С.А. Белокобыльского]. – Л.: Наука, 1989. – 235 с.
14. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К.К. Фасулати. – М.: Высш. шк., 1971. – 424 с.
15. Kovalev O.V. The solitary population wave, a physical phenomenon accompanying the introduction of a chrysomelid / O.V. Kovalev // New developments in the biology of Chrysomelidae. Ed. by P. Jolivet et al. SPB Academic Publishing dv., The Hague, The Netherlands. – 2004. – P. 591–601.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 10.09.2012

УДК 595.768.12(477.60)

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ *ZYGGRAMMA SUTURALIS* F. (COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE)
 ДЛЯ БОРЬБЫ С *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L. НА ЮГО-ВОСТОКЕ УКРАИНЫ
 М.Е. Сергеев

Донецкий ботанический сад НАН Украины

На основе анализа современного состояния популяции *Zygogramma suturalis* на территории юго-востока Украины сделан вывод о бесперспективности широкого использования этого фитофага в качестве основного агента в биологической борьбе с амброзией полыннолистной и о необходимости дальнейших исследований его биоэкологических особенностей и мониторинга распространения в регионе.

UDC 595.768.12(477.60)

USAGE OF *ZYGGRAMMA SUTURALIS* F. (COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE)
 AGAINST *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L. IN THE SOUTH-EAST OF UKRAINE
 M.Ye. Sergeev

Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

Based on the analysis of the current state of *Zygogramma suturalis* populations in the South-East of Ukraine, we have concluded that a wide use of this phytophagous insect as the primary agent in the biological control of ragweed has no prospects. Further studies of its biological and ecological characteristics, as well as the monitoring of its spread in the region are needed.