

**Национальная академия наук Беларуси  
Центральный ботанический сад**

**Интродукция, сохранение и использование  
биологического разнообразия мировой флоры**

Материалы Международной конференции,  
посвященной 80-летию Центрального ботанического сада  
Национальной академии наук Беларуси  
(19–22 июня 2012 г., Минск, Беларусь)

**В двух частях  
Часть 2**

**Assessment, Conservation and Sustainable Use  
of Plant Biological Diversity**

Proceedings of the International Conference  
dedicated to 80th anniversary of the Central Botanical Garden  
of the National Academy of Sciences of Belarus  
(June 19–22, 2012, Minsk, Belarus)

**In two parts  
Part 2**

Минск  
2012

УДК 582:581.522.4(082)

ББК 28.5я43

И73

**Редакционная коллегия:**

*Д-р биол. наук В.В. Титок (ответственный редактор);  
д-р биол. наук, академик НАН Беларуси В.Н. Решетников;  
д-р биол. наук, ч.-кор. НАН Беларуси Ж.А. Рупасова;  
д-р биол. наук, чл.-кор. НАН Беларуси Е.А. Сидорович;  
канд. биол. наук Ю.Б. Аношенко; канд. биол. наук А.В. Башилов;  
канд. биол. наук А.А. Веевник; канд. биол. наук И.К. Володько;  
канд. биол. наук И.М. Гаранович; канд. биол. наук Л.В. Гончарова;  
канд. биол. наук А.А. Кузовкова; канд. биол. наук Л.В. Кухарева;  
канд. биол. наук Н.М. Лунина; канд. биол. наук Е.В. Спиридович;  
канд. биол. наук В.И. Торчик; канд. биол. наук О.В. Чижик;  
канд. биол. наук А.Г. Шутова; канд. биол. наук А.П. Яковлев.*

Иллюстрации предоставлены авторами публикаций

И 73 **Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры;** Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. (19–22 июня 2012, Минск, Беларусь). В 2 ч. Ч. 2 / Нац. акад. Наук Беларуси, Централ. ботан. сад; редкол.: В.В. Титок /и др./, Минск, 2012. – 492 с.

В сборнике представлены материалы Международной конференции «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры», посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси.

В 1-й части публикуются тезисы докладов секций «Теоретические основы и практические результаты интродукции растений» и «Современные направления ландшафтного дизайна и зеленого строительства»

Во 2-й части представлены тезисы докладов секций «Экологическая физиология и биохимия интродуцированных растений», «Генетические и молекулярно-биологические аспекты изучения и использования биоразнообразия растений» и «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира».

**УДК 582:581.522.4(082)**

**ББК 28.5я43**

Биологическая рекультивация с созданием искусственных лесных насаждений интродуцентами малорезультативна. Наиболее целесообразным на нарушенных землях является формирование вторичных растительных фитоценозов в результате естественно протекающих восстановительных сукцессионных процессов, т.е. самозарастания.

**Список литературы:**

1. Баранник Л.П. Экологическая оценка пригодности древесных и кустарниковых пород для лесной рекультивации в Кузбассе. / Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). Новосибирск: Наука, 1977, с. 120–138.
2. Гумусообразование в техногенных экосистемах. / Трофимов С.С, Наплекова Н.Н., Кандрашин Е.Р. и др. – Новосибирск: Наука, 1986, с. 166.
3. Гусаченко А.Ю. Экореставрация угольных карьеров юга Дальнего Востока. // Вестник ДВО РАН, 1992. – № ½, с. 32–44.
4. Етеревская Л.В., Угарова В.А. Процессы почвообразования в техногенных ландшафтах степи УССР. / Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). Новосибирск: Наука, 1977, с. 140–156.
5. Кандрашин Е.Р. Сингенез и продуктивность естественной растительности и полукультурфитоценозов на отвалах угольных разрезов Кузбасса. // Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1979, с. 163–172.
6. Костенков Н.М., Пуртова Л.Н. Общие закономерности формирования почв на отвальных породах и их гумусовое состояние. // Вестник. КрасГАУ. – 2009. – № 6, с. 17–22.
7. Костенков Н.М. Биологическая рекультивация пород угольных отвалов. / Н.М. Костенков, В.И. Ознобихин. – Владивосток: Дальнаука, 2007, с. 99.
8. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003, с. 365.
9. Мироничева-Токарева Н.П. Динамика растительности при зарастании отвалов (на примере КАТЭКа). – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998, с. 172.
10. Полохин О.В., Пуртова Л.Н., Сибирина Л.Н., Клышевская С.В. Сингенетичность почв и vegetative cover растительности техногенных ландшафтов юга Приморья. / Естественные и технические науки. – 2010. № 5, с. 164–166.
11. Пуртова Л.Н., Шапова Л.Н., Комачкова И.В. Продуктивность растительности и процессы гумусоаккумуляции в почвах техногенных ландшафтов юга Приморья. // Вестник ДВО РАН. – 2010. – № 4, с. 62–68.
12. Титлянова (1988) Титлянова А.А., Мироничева-Токарева Н.П. Развитие биологического круговорота при зарастании техногенных отвалов. // Экология. – 1988, – № 14, вып. 2, с. 6–12.
13. Чибрик Т. С., Елькин Ю. А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях (биологическая рекультивация). Свердловск: УрГУ, 1991, с. 220.
14. Шкабарня Н.Г., Гарбузов С.П. Сопутствующие полезные компоненты Павловского бурогоугольного месторождения (Приморье). // Вологодские чтения. 2002. – № 24, с. 16–17.
15. Шляхов С.А. Техногенные поверхностные образования в местах золотодобычи на Буреинском нагорье. – Владивосток, 2002.

## Биомониторинг техногенного загрязнения природной среды и состояние лесных ландшафтов Беларуси

Сидорович Е.А, Арабей Н.М., Булавко Г.И., Николайчук А.М, Белый П.Н.

*Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь*

**Резюме.** Эколого-биологический мониторинг лесных экосистем республики состоит из двух аспектов наблюдений. Первым из них являлась биоиндикация и определение зон загрязнения атмосферы с использованием фитоиндикаторов. Вторым аспектом биомониторинга было изучение ответной реакции древесной растительности на тот или иной уровень загрязнения атмосферы на субклеточном, организменном, ценопопуляционном и экосистемном (биогеоценозном) уровнях. Основные положения теоретических разработок и результаты тематических заданий лаборатории были использованы директивными органами республики для разработки ряда законодательных актов в области охраны окружающей среды.

**Summary.** Ecological and biological monitoring of forest ecosystems of republic consists of two aspects of observation. The first of them was bioindication and definition of pollution bubbles of atmosphere with use of phytometers. Studying of response of a lignosa on this or that level of pollution of atmosphere on subcellular, organismic, coenotic and ecosystem (biogeocoenosis) levels was the second aspect of biomonitoring. Original positions of theoretical workings out and results of thematic tasks of laboratory have been used by directive members of republic for working out of some acts in the field of environmental control.

Изменения, происходящие в лесных фитоценозах республики под влиянием техногенных загрязнений, сопровождаются заметным ухудшением условий окружающей среды и жизнеобеспечения организмов. Для изучения особенностей возникновения таких критических ситуаций в лесных фитоценозах необходимо длительное слежение или мониторинг на опыт-

ных специальных стационарах, репрезентативно размещенных в лесных растительных комплексах республики.

Создание сети таких опытных стационаров и непосредственное ведение систематических наблюдений за состоянием и функционированием лесных фитоценозов входит в задачу экологического мониторинга. Такого рода исследования позволяют выявить складывающиеся тенденции в изменении внутренней организации и структуры лесных фитоценозов и в дальнейшем определить наиболее радикальные меры по стабилизации их в пригородных экосистемах природного равновесия.

Такого рода исследования исключительно важны для Беларуси – густонаселенного региона в центре Европы с высокоразвитым машиностроением, химической, нефтехимической промышленностью, мощными ТЭЦ, транспортом, где изменения в естественном растительном покрове под влиянием человеческой деятельности в последние три десятилетия проявляются все более отчетливо. Поэтому большого внимания в этих исследованиях заслуживают вопросы анализа путей переноса и трансформации загрязняющих веществ в окружающей среде, а также ответных реакций ее компонентов на все уровни загрязнения. Без глубокого знания этих вопросов невозможно прогнозирование изменений природной среды в лесных, пригородных и городских ландшафтах, подвергнутых влиянию хозяйственной деятельности человека.

Особое беспокойство в республике вызывает усиливающееся загрязнение атмосферного воздуха разнообразными токсичными выбросами путем непосредственных техногенных эмиссий от местных предприятий и транспорта, а также их трансграничного переноса из соседних регионов, в том числе из стран ближнего и дальнего зарубежья. Главную опасность для растительности представляют газообразные выбросы промышленных предприятий – сернистого ангидрида, окислов азота, аэрозолей, а также кислые дожди. В меньшей мере – в силу ограниченности распространения на территории – вредоносные функции несут такие загрязняющие атмосферу, растительность и почву вещества, как тяжелые металлы, хлор, фтор, бенз(а)пирен, формальдегид и некоторые другие. Определенный урон растительности в отдельных промышленных регионах наносит магнезитовая и кальцийсодержащая пыль.

Ученые лаборатории экологической физиологии растений Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси обратились к проблеме изучения влияния воздушных техногенных выбросов на лесные и пригородные экосистемы, окружающие крупные промышленные центры (Минск, Светлогорск, Гродно, Могилев, Мозырский НПЗ, Лукомльскую ГРЭС) еще 30 лет назад и в данном направлении исследования продолжаются и до настоящего времени. За этот продолжительный период времени накоплен, проанализирован и опубликован огромный научный материал, который позволил прийти к ряду важных выводов и обобщений.

Эколого-биологический мониторинг лесных экосистем республики состоит из двух аспектов наблюдений. Первым из них явилась биоиндикация и определение зон загрязнения атмосферы с использованием фитоиндикаторов – хвой сосны обыкновенной, эпифитного лишайника и в меньшей степени – зеленых мхов, по которым устанавливался уровень накопления в их тканях загрязнителей – серы и ряда тяжелых, в разной степени токсичных металлов. В отдельных случаях накопление серы в лесных и городских ландшафтах изучалось также путем листового анализа деревьев подроста и подлесочного яруса.

Вторым аспектом исследований биомониторинга было изучение ответной реакции древесной растительности на тот или иной уровень загрязнения атмосферы на субклеточном, организменном, ценопопуляционном и экосистемном (биогеоценотическом) уровнях.

При выборе методического подхода к решению задач биоэкологического мониторинга мы отдали предпочтение методу сравнительного анализа, применив его при количественной оценке отдельных этапов продукционного процесса на протяжении годового цикла в лесных основных формациях Беларуси, расположенных в зонах техногенных нагрузок, с одной стороны, и в типологически выдержанных аналогах этих экосистем со сходной возрастной структурой, с другой.

В выбранных типах лесных и городских экосистем исследованию подвергался весь комплекс биотических и абиотических факторов, включая воздух, твердые и жидкие осадки, поверхностные воды, почву, подстилку и растения. Изучались следующие параметры:

- количественные и качественные характеристики климатопа (радиационный и термический режим, влагообеспечение, осадки);
- структура эдафотопы (строение и химический состав почвы и подстилки, запас доступных для растений органических и минеральных соединений);

– структурные и функциональные особенности автотрофной части фитоценозов (лесо-таксационные показатели, биологическая продуктивность и трансформация органического вещества в верхних и нижних ярусах, вещественно-энергетический обмен, газообмен, анатомия листьев и хвои, физиолого-биохимические параметры ассимиляционного аппарата).

Технические средства, обеспечивающие биоэкологический мониторинг, были разработаны с учетом максимальной автоматизации процесса получения информации и ее дальнейшей обработки. Для этой цели были созданы локальные автоматизированные системы сбора и регистрации экологической информации, размещаемые на площадях в репрезентативных точках, охватывающих исследуемые территории. Локальные автоматизированные системы позволяли круглосуточно с дискретностью от нескольких минут до трех часов опрашивать 30 приборов или датчиков и регистрировать их показания. Системы работали автоматически, без присутствия операторов.

Начав в 1976 г. на основе фитоиндикации определение зон загрязнения промышленными выбросами (серой, тяжелыми металлами) вокруг крупных промышленных центров, в дальнейшем ученые ЦБС НАН Беларуси перешли к подобному мониторингу по всей территории нашей республики. Обследование на основе фитоиндикации в 1991–95 гг. по общеевропейской методике всех административных областей Беларуси на предмет загрязнения лесных ландшафтов вредными воздушными выбросами промышленного производства и транспорта следует отнести к числу важнейших достижений научного коллектива лаборатории. Результатом осуществленных работ явилось составление в республике карт-схем зонирования ее территории по уровню загрязнения серосодержащими компонентами и девятью тяжелыми металлами (свинцом, кадмием, никелем, хромом, стронцием, медью, цинком, марганцем и кобальтом), что позволило выявить очаги загрязнения этими элементами природной среды с уровнями, превышающими в той или иной степени фоновые показатели, а также масштабы распространения данных элементов в пределах Беларуси.

По второму аспекту эколого-биологического мониторинга – определению ответной реакции зеленых насаждений на воздействие вредных техногенных выбросов – основной упор был сделан на изучение состояния сосновых лесов, являющихся преобладающими в составе лесного фонда Беларуси (56,3%), а также имеющих преимущественное распространение на субклеточном, организменном, ценопопуляционном уровнях.

Путем стационарных исследований было изучено состояние сосновых экосистем в окрестностях столицы республики – г. Минска, городов областного значения – Витебска, Гродно, Могилева, Гомеля, Бреста, а также в лесах, окружающих такие крупные химические и нефтехимические промышленные центры, как Светлогорск, Новополоцк, Мозырский НПЗ.

Дендрохронологический анализ исследуемых экосистем показал, что в зонах рассеивания токсичных выбросов в подавляющем большинстве случаев имеет место существенная депрессия текущего прироста сосновых древостоев по сравнению с контрольными условиями.

При дендрохронологическом анализе текущего радиального прироста сосновых древостоев в зонах загрязнения выявлена связь колебаний прироста с погодичным уровнем загрязнения воздушной среды  $SO_2$  и  $NO_2$ .

В ходе изучения изменений визуальных параметров ассимилирующих органов сосны установлено, что в условиях умеренного уровня загрязнения воздушной среды один из важнейших диагностических критериев – срок продолжительности жизни хвои – сокращается в среднем до трех лет.

Согласно данному спектрофотометрическому анализу более 3,5 тыс. образцов хвои, выявлено, что в сосняках Беларуси содержание серы в хвое колеблется от 0,06 до 0,2% сухого вещества, на основании чего на ее территории выделены 4 зоны по уровню загрязнения лесных ландшафтов серосодержащими поллютантами, величина которых отражает не только степень аккумуляции сосной обыкновенной общей серы, но и уровень загрязнения последней окружающей среды. Наибольшее содержание серы в хвое отмечено в зоне влияния Светлогорска (0,14–0,22%), а также в Брестской области, у границы с Польшей (0,13%).

Токсичные выбросы промышленных предприятий оказывают существенное влияние на физиолого-биохимические функции ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной, что сказывается на ходе биопродукционного процесса и устойчивости деревьев к загрязнению окружающей среды.

В загрязненных условиях по сезонам года достоверно повышается активность окислительно-восстановительного фермента-пероксидазы в хвое. Особенно резко повышается активность данного фермента в зимний период. Наблюдается угнетение газообмена (интенсив-

ности фотосинтеза и дыхания) деревьев. В наиболее загрязненных условиях происходят также структурные и биохимические внутриклеточные изменения ассимиляционного аппарата, о чем свидетельствуют анатомические и биохимические исследования.

Исследованиями выявлены механизмы фитотоксического действия аэротехногенных загрязнителей, которые заключаются в нарушении важнейших звеньев азотного, фосфорного, углеродного, серного метаболизма, деятельности ряда ферментных систем, повреждении фотосинтетических структур и процессов. Установлено, что устойчивость растений к газообразным токсикантам базируется на структурно-функциональных особенностях, затрудняющих поглощение вредных соединений, а также активизации процессов их детоксикации. Приспособление к фактору загрязнения воздуха достигается способностью растений к глубокой перестройке физиолого-биохимических процессов, связанных с изменениями на молекулярном, клеточно-тканевом и фитоценологических уровнях. В процессе исследований дана эколого-физиологическая оценка устойчивости ассимиляционного аппарата хвойных лесобразующих пород Беларуси в техногенной среде.

Анализ особенностей биопродукционного процесса в лесных сообществах показал, что они в условиях интенсивных постоянных нагрузок от промышленных загрязнений обладают намного большей, чем в контрольном варианте, емкостью биологического круговорота органического вещества. Однако этот процесс сопровождается уменьшением объемов его фактического накопления в лесах, что может привести к постепенной их деградации.

Сосновые экосистемы, произрастающие в зонах влияния крупных промышленных центров, претерпевают различные дигрессивно-демулационные стадии, что следует из анализа состояния растительного покрова подчиненных ярусов.

Индекс видового разнообразия живого напочвенного покрова, рассчитанный по формулам Шеннона-Уивера резко снижается. Интенсивность побегообразования отстает от нормы, а возобновление главной породы неудовлетворительное.

Резюмируя все вышесказанное, можно утверждать, что лесные сосновые массивы, окружающие крупные промышленные центры Беларуси, испытывают разностороннее негативное влияние промышленных загрязнений, прежде всего сернистого ангидрида и окислов азота при достаточно длительных и интенсивных нагрузках. В подавляющем большинстве случаев сосновые ландшафты в зонах влияния промышленных центров сильно ослаблены, и трансформированы в фитоценологическом отношении, теряют прирост, быстро изреживаются, что тесно связано с нарушением деятельности ассимиляционного аппарата. И тем не менее изучение биологической продуктивности лесных экосистем в условиях техногенеза и трансформации химизма их основных компонентов привело нас к выводу, что исследуемые лесные экосистемы, обладая высокой замкнутостью биологического круговорота химических элементов, значительной вертикальной мощностью и огромной внутренней поверхностью, отличаются сильными буферными свойствами. Это позволяет им противостоять разрушительной силе внешних воздействий и обеспечивать поддержание относительно стабильной природной обстановки на занимаемых ими территориях. При сохранении тенденций загрязнения окружающей среды вредными загрязнителями в дальнейшем риск деградации этих ландшафтов на рубеже XXI века будет значительно увеличиваться.

Большую актуальность приобретает в республике создание системы мониторинга окружающей среды на рубеже XXI века, которая могла бы обеспечить не только инвентаризацию уже пораженных лесов, но и раннюю индикацию эффектов их повреждения. Полученные имеющиеся данные материалов исследований убедительно показывают, что гигиенические ПДК загрязнения воздуха недостаточны для решения природоохранных вопросов. Они не обеспечивают сохранения многих видов растений и нормальное функционирование лесных экосистем. На стадии видимых повреждений деградацию лесов трудно предотвратить. Большинство методов биоиндикации, особенно биогеоценотические, позволяют регистрировать загрязнение воздуха довольно высокого уровня, в 3–5 раз и более превышающего нормативы ПДК. Для регистрации низких значений загрязнения (до и близких к ПДК) необходимы более точные и чувствительные методы биоиндикации, основанные на использовании методов физиологии, биохимии растений, спектрометрии высокого разрешения, полярометрии. Раннее обнаружение эффектов повреждения позволяет предотвратить необратимую реакцию растений на загрязнение и снижение их уровня, уменьшить обратимую реакцию на воздействие токсикантов специфическими компенсаторными методами.

Основные положения теоретических разработок и результаты тематических заданий лаборатории были использованы директивными органами республики для разработки ряда законодательных актов в области охраны окружающей среды. Методические рекомендации

по использованию зеленых насаждений для оптимизации окружающей среды в промышленных центрах республики включены в нормативные документы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерств лесного хозяйства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь.

По результатам исследований лаборатории получено два авторских свидетельства на изобретение, опубликовано 25 монографий, более 500 научных статей, брошюр и тезисов.

Достижения лаборатории экспонировались на международных выставках ЭКСПО-74 (Монреаль); Флора Оломоуц-83 (ЧССР), Биосферные заповедники-83 (Минск), где были удостоены двух золотых и двух серебряных медалей.

## Роль Центрального ботанического сада НАН Беларуси в организации и становлении научных исследований Березинского биосферного заповедника и Национального парка «Припятский»

Сидорович Е.А.<sup>1</sup>, Кудин М.В.<sup>2</sup>, Алехна А.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, e-mail: geobotany304@tut.by

**Резюме.** В 1960 году в Центральном ботаническом саду АН БССР по инициативе его директора, академика Н.В. Смольского, создается лаборатория охраны природы. Возглавил ее д.б.н. А.В. Бойко. Научные разработки сотрудников лаборатории легли в основу организации научных исследований в Березинском заповеднике. Научные разработки сотрудников ЦБС по особо охраняемым территориям являются актуальными по настоящее время.

**Summary.** Laboratory of Nature Protection was based on the initiative Academician N.V. Smolski in the Central Botanical Garden of the Byelorussian Academy of Sciences in 1960. Laboratory was headed by Doctor of Biological Sciences A.V. Boiko. Research activities of Laboratory staff form the basis of research in the Berezinsky Reserve and helped to organize the Pripyat Reserve. Research and development activities of scientists of CBG for protected areas are relevant to the present.

Березинский заповедник организован Постановлением СНК БССР от 30 января 1925 года и принадлежит к числу первых, организованных в Советском Союзе. Первые задатки научных исследований флоры и фауны наметились в 30-е годы прошлого века, однако военные события и ликвидация заповедника в 1951 г. все свели на нет. В 1959 г. заповедник был восстановлен, однако «хозяйственники» настаивали о нецелесообразности расходования средств на содержание заповедника.

Академия наук и многочисленная общественность настаивали на сохранении заповедника. В государственном архиве [11] найдено письмо, адресованное Первому секретарю ЦК КПБ К.Т. Мазурову, подписанное академиком-секретарем Отделения биологических наук АН БССР, академиком Н.С. Нестеровичем и Председателем Комиссии по охране природы АН БССР, директором Центрального ботанического сада (ЦБС) академиком Н.В. Смольским. Копия документа приводится ниже (рис. 1–2).

В 1960 г. по инициативе директора Центрального ботанического сада академика Н.В. Смольского создается лаборатория охраны природы, которую возглавил доктор биологических наук А.В. Бойко. В разработке научных основ природоохранных мероприятий, экспериментальных эколого-фитоценологических исследований принимали участие в разное время сотрудники ЦБС АН БССР Н.В. Смольский, Е.А. Сидорович, А.В. Бойко, Е.Г. Бусько, К.Д. Чубанов, А.Б. Моисеева, Н.М. Аробей, М.Ф. Фадеева, Л.П. Смоляк, Н.В. Лазнухо, К.К. Кирковский, Т.П. Суровая, Н.И. Пикулик, А.В. Бортник, В.И. Игнатенко, К.М. Евсиевич, Т.К. Гавриленко, И.Г. Зигмантович, А.И. Алехно, П.В. Веленко.

Научные разработки сотрудников лаборатории легли в основу обоснования необходимости организации Припятского заповедника (позже Национального парка «Припятский»).

Ученые лаборатории охраны природы ЦБС на территориях Березинского и Припятского заповедников:

– выделители и описали территориальные природные комплексы и гидрологические зоны;