

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Отделение биологических наук
Научно-практический центр по биоресурсам
Центральный ботанический сад

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ, ПРОВЕДЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОНИТОРИНГОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Материалы международной научной конференции,
посвященной 95-летию со дня рождения
члена-корреспондента НАН Беларуси Е. А. Сидоровича
(9–10 марта 2023 года, Минск)

Минск
«ИВЦ Минфина»
2023

УДК 502.175:[502.211:582](476)(082)
ББК 28.588(4Бел)я43
Т33

Редакционная коллегия:

доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси
Ж. А. Рупасова (ответственный редактор); кандидат биологических наук *П. Н. Белый*;
доктор биологических наук *Н. В. Гетко*; кандидат биологических наук *Л. В. Гончарова*;
С. М. Кузьменкова; доктор биологических наук *Е. Н. Кутас*;
кандидат биологических наук *А. П. Яковлев*

Рецензенты:

доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси, доцент *В. Н. Прохоров*
(Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси);
доктор биологических наук, доцент *О. В. Созинов*
(Гродненский государственный университет имени Янки Купалы)

Т33 **Теоретические** и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений : материалы международной научной конференции, посвященной 95-летию со дня рождения члена-корреспондента НАН Беларуси Е. А. Сидоровича (Минск, 9–10 марта 2023 г.) / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: Ж. А. Рупасова [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 383 с.

ISBN 978-985-880-314-8.

В сборнике представлены материалы по изучению теоретических и прикладных аспектов организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений для оценки и прогноза изменений состояния растительности под воздействием природных и антропогенных факторов. Обсуждаются актуальные проблемы рационального природопользования, охраны окружающей среды и рекультивации нарушенных земель.

УДК 502.175:[502.211:582](476)(082)
ББК 28.588(4Бел)я43

ISBN 978-985-880-314-8

© ГУО «Центральный ботанический сад
Национальной академии наук Беларуси», 2023
© Оформление. УП «ИВЦ Минфина», 2023

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ Е. А. СИДОРОВИЧА В ВОПРОСАХ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ БЕЛАРУСИ

А. П. Яковлев¹, Ж. А. Рупасова¹, В. Н. Решетников¹, Е. Г. Бусько², Л. В. Гончарова¹,
В. В. Титок¹, П. Н. Белый¹, А. П. Колбас³

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь,
A.Yakovlev@cbg.org.by

²Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

³Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

Резюме. В статье представлены основные вехи научной и научно-организационной деятельности члена-корреспондента НАН Беларуси Е. А. Сидоровича. Отмечена его роль в разработке теоретических основ организации и проведения мониторинговых наблюдений для оценки состояния лесных фитоценозов в зонах интенсивных техногенных нагрузок, научных основ природоохранных мероприятий по территориальному районированию заповедных объектов, промышленного культивирования клюквы крупноплодной и др.

Summary. *Yakovlev A. P., Rupasova Zh. A., Reshetnikov V. N., Getko N. V., Goncharova L. V., Volodko I. K., Titok V. V., Bely P. N. E. A. Sidorovich's scientific heritage of on environmental protection, industrial pollution, assessment of the state and optimization of natural landscapes in Belarus.* The article presents the main milestones of the scientific and scientific-organizational activity of the Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus E. A. Sidorovich. Its role in the development of the theoretical foundations for organizing and conducting monitoring observations to assess the state of forest phytocenoses in areas of intense technogenic loads, the scientific foundations for environmental protection measures for the territorial zoning of protected areas, industrial cultivation of American cranberries is noted.

Техногенное загрязнение окружающей среды и ее охрана, сокращение естественных ресурсов биосферы, деградация лесов и городских зеленых насаждений, снижение генетического потенциала чувствительных видов или полное их исчезновение, организация мониторинговых наблюдений, применение информационных систем и имитационного моделирования, фиторекультивация нарушенных земель — это далеко не полный перечень научных проблем, с которыми столкнулся и

успешно их решал член-корреспондент НАН Беларуси Евгений Антонович Сидорович, памяти которого и посвящена наша международная научная конференция.

Свой путь в науку будущий ученый начал в возрасте 34 лет, что по современным представлениям может рассматриваться достаточно поздним стартом. Но в своем багаже он имел богатый опыт организатора и производственника лесохозяйственной отрасли, который не по учебным пособиям, а воочию, в сложных

реалиях успешно решал поставленные задачи. В 1962 г. Евгений Антонович был зачислен в очную аспирантуру Института биологии АН БССР с утверждением названия темы диссертации «Типы и ассоциации пойменных лесов р. Днепра в пределах БССР и биологические основы повышения их защитно-водоохранных свойств», успешно защищенной через три года.

В октябре 1964 г. Президиум АН БССР утвердил для организации новое направление исследований — охрана природы, хотя оно явилось нетрадиционным для ботанических садов. В 1966 г. по заданию Государственного комитета по охране природы при СМ БССР Центральный ботанический сад АН БССР осуществил в регионе Белорусского Полесья, в междуречье рек Уборти и Ствиги подбор территории заповедника, который вначале был назван «Полесским». Детальное обследование и научное обоснование создания этого заповедника было проведено в 1967–1968 гг. в составе группы А. В. Бойко, Е. А. Сидорович, Н. М. Арабей, А. Б. Моисеева. В 1969 г. вышло Постановление Совета Министров БССР № 200 от 3 июня 1969 г. об организации на площади 60,3 тыс. га Припятского ландшафтно-гидрологического заповедника, который в 1996 г. был преобразован в Национальный парк «Припятский».

На основании изучения геоморфологии территории, растительного покрова, режима и баланса грунтовых вод, биологической продуктивности фитоценозов было разработано гидрологическое и природно-территориальное районирование заповедных объектов, имеющее прикладное значение для гидромелиоративного строительства, трансформации земель сельскохозяйственного назначения и Государственного лесного фонда. Авторский коллектив цикла «Экспериментальные исследования природных растительных комплексов заповедных территорий Беларуси (Березинского и Припятского заповедников)» в составе академика Н. В. Смольского, Е. А. Сидоровича и А. В. Бойко был удостоен Государственной премии БССР в области науки за 1978 г.

С 1976 г. лаборатория экологии и охраны природы ЦБС АН БССР, возглавляемая Е. А. Сидоровичем, в связи с существенным ростом загрязнения природной среды респуб-

лики выбросами техногенного происхождения начала осуществлять эколого-фитоценологические исследования растительных комплексов в зонах их влияния с целью детальной оценки экологической ситуации и разработки прогноза состояния сосновых формаций лесов на перспективу. Концептуальной базой этих исследований явился комплексный системный анализ биотических и абиотических компонентов природной среды на различных иерархических уровнях: субклеточном, организменном, популяционном и экосистемном. С использованием этих принципов осуществлено зонирование территорий, примыкающих к г. Минску, Светлогорску, Лукомльской ГРЭС, а также к Мозырскому НПЗ по уровню загрязнения серой. Сочетание методов анализа экосистем на разных уровнях позволило оценить их стабильность, а также выявить условия возникновения особо опасных кризисных ситуаций, являющихся ключевыми вопросами экологического мониторинга.

Евгений Антонович известен в стране как крупный фитоценолог, который одним из первых на основе оригинального системного подхода изучал лесные фитоценозы в зонах интенсивных техногенных нагрузок. Им спроектирована и создана мобильная система автоматизированного сбора и анализа первичной информации в лесных фитоценозах, обеспечивающая полный комплекс биогеоценологических исследований и отвечающая задачам экологического мониторинга. Предложенный им метод анализа биопродукционного процесса в лесных фитоценозах имеет широкое применение. А итогом работы Евгения Антоновича в данном направлении стала защита в 1984 г. докторской диссертации «Структура и функционирование лесных фитоценозов заповедных и охраняемых территорий БССР».

Середина 80-х гг. ознаменовались решением научных задач по двум важнейшим направлениям: первичные интродукционные испытания с разработкой научных основ культивирования клюквы крупноплодной в промышленных масштабах и исследования влияния крупнейшей экологической катастрофы XX века (авария на Чернобыльской станции) на природную среду нашей республики.

Постановлением Совета Министров БССР и Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР от 22 августа 1986 года была

утверждена комплексная программа «Об организации в Белорусской ССР промышленного производства крупноплодной клюквы», в реализации которой были задействованы 9 научно-исследовательских и изыскательских учреждений из 9 министерств и ведомств БССР и СССР, а координатором всех исследований стал Центральный ботанический сад во главе с Е. А. Сидоровичем. Плодами этих научных разработок пользуются ученые и практики на всем постсоветском пространстве, а Беларусь по праву считается лидером на европейском континенте в вопросах промышленного культивирования сортовой голубики и особенно клюквы крупноплодной, самая большая в Европе плантация которой, эксплуатируется в Пинском районе Брестской области по настоящее время.

В течение 1986–1990 гг. сотрудниками лаборатории во главе с Евгением Антоновичем проведена оценка радиоактивного загрязнения сосновых лесов Гомельской, Могилевской и Брестской областей Беларуси, а также в 30-километровой зоне отчуждения. Изученная миграция радионуклидов по биологической цепи растение-почва-растение позволила выявить избирательную способность отдельных видов древесных и травянистых растений к поглощению 6 различных изотопов (циркония-95, цезия-154, цезия-137 и др.) с изменением величины годового прироста деревьев в сосняках мшистых по высоте и диаметру. Были продолжены исследования накопления и миграции радионуклидов в лесных фитоценозах Припятского ландшафтно-гидрологического заповедника и осуществлена оценка негативного воздействия радиации на состояние хвойных и лиственных пород, что позволило разработать предложения по использованию лесных ресурсов в зонах сильного, среднего и слабого радиоактивного загрязнения.

В эти же годы в лаборатории были развернуты широкомасштабные комплексные исследования трансформации лесных экосистем региона под воздействием техногенных и рекреационных нагрузок. Для количественной оценки отдельных этапов биопродукционного процесса и связанных с ними миграционных потоков химических элементов на протяжении годового цикла в основных лесных формациях Беларуси сосновых, еловых, дубовых, березовых и черноольховых, расположенных

в зоне антропогенного влияния на территории Минского стационара, с одной стороны, и в типологически выдержанных аналогах этих лесов со сходной возрастной структурой, произрастающих на заповедных и охраняемых территориях Воложинского, Осиповичского и Березинского стационаров республики, с другой, был применен метод сравнительного анализа позволивший установить, что во всех без исключения перечисленных типах растительных сообществ, произрастающих в пределах рекреационной зоны, несмотря на худшие, по сравнению с заповедными территориями, лесорастительные условия, они обладают намного большей, чем их природные аналоги, емкостью биологического круговорота, ежегодно вовлекая в него и трансформируя значительные объемы органического вещества и связанных с ним химических элементов. Была выявлена парадоксальная картина – увеличение ёмкости круговорота органического вещества сопровождалось уменьшением объемов его фактического накопления в растительных сообществах. Наиболее отчетливо это проявилось в сосновом и черноольховом лесах рекреационной зоны, находящихся на грани разрушения.

Особое место в исследованиях лаборатории в начале 90-х гг. занимало изучение радиационно-теплового режима лесов Беларуси, проводившееся посредством стационарных теплораспределительных наблюдений, включавших синхронные актиметрические, градиентные и фитометрические измерения на 24 стационарах в основных лесных формациях республики. Научная гипотеза о том, что в условиях техногенной среды, отличающейся повышенным фоном промышленных загрязнений, роль абиотических факторов в изменении составляющих радиационно-теплового баланса должна быть существенно выше, нежели на заповедных территориях получила экспериментальное доказательство. Установлено, что, несмотря на сходство климатических показателей и идентичный характер сезонной динамики приходящей солнечной радиации, величина радиационного баланса лесных фитоценозов Минского стационара на 10–20 % выше по сравнению с аналогом.

Для обеспечения полного комплекса биогеоценологических исследований, отвечающих задачам биологического мониторинга,

была спроектирована и создана система автоматизированного сбора и анализа первичной информации с помощью ЭВМ, что дало возможность установить достоверные корреляционные связи и регрессионные зависимости между экологическими факторами среды (солнечная радиация, температура, влага) и структурно-функциональными характеристиками лесных фитоценозов.

Широкую известность в нашей стране и за рубежом получили работы Е. А. Сидоровича по оценке антропогенной нарушенности природных экосистем, основанной на комплексном использовании ботанических, физиолого-биохимических и почвенных критериев. При этом установлено, что прямое воздействие токсикантов на хвою и листья, ветви и ствол дерева менее опасно для древостоя (при определенных условиях они способны к самоочищению) по сравнению с непрямым действием — через почву, что ведет к физиологическим нарушениям и, в конечном счете, к ослаблению и гибели деревьев. А использование фитоиндикационных методов значительно снижает себестоимость выполняемых работ и по качеству полученной информации несколько не уступают традиционным физико-химическим методам. По результатам исследований интродуцированных и аборигенных древесных растений в качестве биоиндикаторов загрязнения воздуха техногенными поллютантами установлены адаптационные возможности и фитоиндикационная значимость растительных комплексов в промышленно развитых регионах Беларуси, разработан и внедрен для практического использования на отраслевом уровне «Ассортимент аборигенных и интродуцированных деревьев и кустарников, рекомендуемых для озеленения промышленно-городских территорий и автомагистралей в зонах загрязнения воздуха газообразными соединениями азота, формальдегидом, бенз(а)пиреном и хлористым водородом».

С 2004 г. в научной тематике лаборатории сформировалось еще одно важное для народного хозяйства республики направление исследований в области индустриальной экологии, связанное с разработкой научных основ биологического этапа рекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений республики, и реализуемое совместно с сотрудниками лабора-

тории химии растений. При этом изучалось не только влияние минеральных удобрений, но и отечественных бактериальных препаратов. Преимуществом разработанной биотехнологии по отношению к отечественному аналогу является комплексный подход к поэтапному использованию специально подобранных микробных удобрений и агротехнических приемов при возделывании малотребовательных к уровню обеспеченности питательными элементами интродуцированных растений клюквы крупноплодной, позволяющий восстановить плодородие выработанных торфяных месторождений; снизить затраты на приобретение и внесение минеральных удобрений; получить экологически чистую, экономически выгодную, экспортоориентированную ягодную продукцию.

Антропогенная трансформация природной среды — одна из острейших проблем современности. Особо в этом отношении выделяются подверженные интенсивному техногенному воздействию природно-растительные комплексы вдоль автомобильных дорог. Соседство с крупными автомагистралями ведет к ухудшению состояния деревьев, нарушениям в репродуктивной сфере, изменению химического состава фитомассы, лесной подстилки, почвы. Автомагистрали являются источником загрязнения, влияющим на свойства эдафотопы в части значительного изменения кислотных и катионо-обменных свойств органогенных горизонтов почв придорожных лесных и луговых сообществ, изменения характера естественных миграционных потоков элементов в системе «почва-растение» и их накопления.

Сравнение результатов анализов смывов хвои с деревьев с контрольными показало, что на поверхности поврежденных деревьев содержание практически всех анализируемых элементов и соединений превышает контрольные значения в два и более раз. Внедрение поваренной соли в биоцикл придорожных насаждений происходит из противогололедного материала. Поврежденная хвоя содержит на поверхности превышающее контрольные значения количество ионов натрия и хлора в десятки раз. При этом степень загрязнения фитотоксикантами зависит от положения дороги относительно прилегающих насаждений: наибольшее, когда дорога в насыпи, наименьшее — в выемке. На

поверхность низко растущих ветвей деревьев соль попадает в результате разбрызгивания автомобилями талых вод и мокрого снега, насыщенных растворами и кристаллами солей. Турбулентные потоки воздуха, создаваемые движущимся транспортом, способствуют распространению водно-солевых взвесей и «солёного тумана» вверх, и их оседание на хвое, листьях (при их наличии) и побегах деревьев. Хлориды в больших концентрациях токсичны для деревьев и кустарников. Под их влиянием уменьшается количество хлорофилла и появляется некроз тканей. Осевшая на хвое и побегах соль вызывает их обезвоживание, а при проникновении в ткани – повреждение.

На основании изучения морфологических и физиолого-биохимических показателей ассимилирующих органов исследуемых растений, произрастающих в зонах с различной степенью техногенной нагрузки, установлены компенсаторные реакции, связанные с увеличением содержания хлорофилла и повышением плотности охвоения побегов.

Показано принципиальное отличие отрицательного воздействия ПГМ на состояние лиственных деревьев и кустарников, произрастающих вдоль автомагистралей, заключающееся в повреждении вегетативных почек, а не листьев. Это приводит к образованию «розеточности» вегетативных побегов деревьев и кустарников. Токсичные ионы хлора вызывают гибель почек, которые в наименьшей степени защищены от последствий применения противогололедных материалов. В отличие от хвойных растений у лиственных закладывается не одна, а несколько почек, в случае гибели которой пускается в рост новая, в случае гибели отрастает следующая и т.д. В результате мы наблюдаем появление «пышных розеток», образующихся из спящих почек.

Совместно с «БелДорНИИ» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь разработан дорожный методический документ ДМД 02191.3.019-2009 «Устройство и содержание техногенно устойчивых снегозадерживающих древесно-кустарниковых насаждений вдоль автомобильных дорог общего пользования», практическая значимость которого заключается в разработке научных основ для создания вдоль основных транспортных магистралей Беларуси новых древостоев, способных выдерживать усиливающийся антропо-

генный пресс и снижать вредное воздействие транспорта на окружающую среду. Позднее он в переработанном и отредактированном виде вошел составной частью в ТКП 337/ОР (33200) Автомобильные дороги. Правила благоустройства и озеленения.

Таким образом, применение песчано-соляных смесей в качестве основного средства для борьбы с наледями на дорогах нашей республики существенно усугубляет экологическую ситуацию и ухудшает состояние защитных дорожных зеленых насаждений. В этой связи стоит задача в разработке комплекса мероприятий по снижению негативной нагрузки. Одним из рациональных путей решения данной проблемы является, на наш взгляд, подбор ассортимента представителей местной и мировой дендрофлоры, способных выдерживать усиливающуюся негативную антропогенную нагрузку.

Значительное внимание уделял Евгений Антонович подготовке научной смены, созданию научной школы в области экологической физиологии растений и охраны окружающей среды. Под его руководством защищены 17 кандидатских и докторских диссертаций. Ученики Е. А. Сидоровича работают во многих научных учреждениях нашей республики и стран СНГ, имеют уже своих учеников.

В сентябре 2012 года аспирант А. П. Колбас, соруководителем которого являлся Е. А. Сидорович, защитил диссертацию «Фенотипические черты и развитие растений, подверженных воздействию микроэлементов: использование в фиторемедиации и биомониторинге» в Совете по защите диссертаций при Университете г. Бордо (Франция). Были получены новые научные результаты, которые расширяют и углубляют существующие фундаментальные знания о способности отдельных видов растений и их экспериментальных форм к аккумуляции тяжелых металлов, о морфофизиологических признаках растений, наиболее чувствительных к накоплению поллютантов в почве, возможности использования эндофитных бактерий из устойчивых к металлам видов для повышения аккумулялирующей способности растений, используемых для фиторемедиации. Разработаны стратегии экологического восстановления на основе фитоэкстракции, обладающей экологическими и экономическими преимуществами.

Проблеме изучения изменений структурно-функциональной организации лесных биогеоценозов под воздействием усиливающегося с каждым годом техногенного загрязнения окружающей среды загрязнителями кислой реакции среды посвящены многочисленные исследования, послужившие надежной теоретической основой практических рекомендаций по ведению лесного хозяйства в зоне воздействия крупных промышленных предприятий. Но довольно слабо изучены особенности влияния на лесные экосистемы предприятий по производству цемента и строительных материалов, продукция которых крайне востребована в современных условиях в связи с активным градостроительством. В зоне воздействия выбросов практически любого цементного завода наблюдаются изменения видового и химического состава растений, антропогенная трансформация растительных сообществ вдоль вектора загрязнения, а также угнетение жизненного состояния леса.

Средозащитный потенциал существующих зеленых насаждений промышленных, припромышленных территорий и санитарно-защитной зоны цементных заводов Беларуси остается на невысоком уровне, неспособным действительно повлиять на важнейшие параметры (пылеулавливание, рассеивание пыли, устойчивость и др.) из-за низкого уровня видового разнообразия древесно-кустарниковой растительности, используемой в озеленении, а также функциональной неспособностью противостоять негативной антропогенной нагрузке. Для этого научно обоснованы и разработаны критерии подбора и оптимальная

структура ассортимента для создания многофункциональных насаждений предприятий по производству цемента и деградированных ландшафтов. На основе комплексного изучения устойчивости, пылезащитных, эстетических свойств древесно-кустарниковой растительности вокруг цементных заводов, предложен основной (предполагающий использование в посадках деревьев – ели колючей, лиственницы европейской, лиственницы сибирской, сосны обыкновенной, тополя белого, березы бородавчатой, липы мелколистной, клена остролистного, вяза шершавого; кустарников – сирени обыкновенной, боярышника мягковатого, кроваво-красного, свидины белой и красной, лещины обыкновенной, шиповника морщинистого) и дополнительный (насчитывающий 40 видов) списки представителей местной и мировой дендрофлоры для всех категорий зеленых устройств.

Совершенствования методического обеспечения системы экологического мониторинга и научного обоснования хозяйственных мероприятий по снижению возможных негативных последствий вполне очевидна и не требует особых доказательств. В 2023 году мониторинг растительного мира, являющийся компонентом Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, отмечает свое 30-летие. И научное наследие члена-корреспондента НАН Беларуси Евгения Антоновича Сидоровича в этой области в виде публикаций, результатов исследований, подготовки специалистов способствует успешному решению задач в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.