

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

БУТЬКО Андрея Анатольевича

«Эколого-биологическое обоснование использования насаждений ивы белой (*Salix alba L.*) в качестве природных фильтров для минимизации загрязнения водных экосистем биогенными элементами», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология

Соответствие диссертации специальностям и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертационная работа Андрея Анатольевича Бутько, выполненная на базе Учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, в рамках 2 заданий ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал» (2011–2015 гг.) по всем основным характеристикам: выбору объектов исследования, поставленным целям и задачам, использованным в работе методам, способам анализа результатов, теоретическим и экспериментальным материалам, выводам, соответствует отрасли «биологические науки» по специальности 03.02.08 – экология согласно следующим пунктам Паспорта специальности ВАК Республики Беларусь от 7.02.2019 № 42:

4. Критерии оценки экологического состояния территорий. Разработка теоретических основ и практических мероприятий по оптимизации их экологического состояния.

6. Анализ биологической продуктивности естественных, трансформированных и искусственных экосистем, факторов ее определяющих, разработка принципов и методов ее использования, изучение взаимодействия искусственных и естественных экосистем. Механизмы и закономерности сезонной и многолетней динамики биомассы и численности организмов в зависимости от условий среды, техногенных и антропогенных воздействий.

7. Степень влияния отдельных видов физико-химических антропогенных воздействий на живую природу, предсказание возможных экологических последствий химических загрязнений.

8. Способы эффективной очистки отходов производств, прогнозирование и регуляция уровня химического загрязнения в объектах окружающей среды.

9. Теоретические основы, модели и методы рационального экологически безопасного природопользования, а также экологическое обоснование норм воздействия человека на живую природу.

Актуальность темы диссертации

Биогенные элементы, содержащиеся во вносимых удобрениях, используются растениями не полностью и частично выносятся с подземным или речным стоком. Кроме того, в сельскохозяйственном производстве присутствуют иные источники биогенных элементов, включающие разложение растительных остатков на полях или побочные продукты животноводства. В совокупности эти источники вносят значительный вклад в формирование антропогенной биогенной нагрузки и, как следствие, в процесс эвтрофирования, приводящего к деградации водных экосистем. Проблема эффективных методов управления биогенными элементами, прежде всего, азотом и фосфором, на уровне агроэкосистем, является актуальной как с экологической, так и с экономической точки зрения.

По сравнению с традиционными способами очистки сточных вод и контроля эвтрофикации в качестве вегетационных фильтров высокую эффективность показали посадки представителей рода *Salix* L., при допустимых концентрациях усваивая нитраты и фосфаты, позитивно влияют на прирост биомассы быстрорастущей древесной породы.

В этой связи использование фитоэкстракционной способности растений ивы белой в отношении биогенных элементов для создания вегетативных фильтров на территории водосборов является актуальной научной и практической задачей, решению которой посвящена диссертационная работа.

Тема диссертационной работы А. А. Бутько соответствует пункту 3 «Энергетика, строительство, экология и рациональное природопользование» приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь на 2021–2025 гг., утвержденных указом Президента Республики Беларусь № 156 от 07.05.2020 г.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Научные результаты диссертационной работы А. А. Бутько и положения, выносимые на защиту, характеризуются существенной научной новизной в области экологии. Для реализации поставленной цели автором решен широкий спектр сложных научных задач с использованием современных методов получения новой информации, а также на основе предложенного оригинального методического приема, позволивших ему:

- дать оценку сезонной динамики общих запасов надземной фитомассы в насаждениях ивы с использованием эмпирических коэффициентов взаимосвязи между морфометрическими и биопродукционными характеристиками растений;

– экспериментально доказать, что основными лимитирующими факторами для реализации продукционного процесса в насаждениях ивы являются температура воздуха, запасы продуктивной влаги и обеспеченность азотом при средних коэффициентах водного, температурного и азотного стрессов соответственно 0,397; 0,109 и 0,101;

– на основании экспериментально полученных данных продуктивности растений ивы белой, с учетом влияния на нее метеорологических факторов усовершенствована имитационная почвенно-гидрологическая модель SWAT (Soil and Water Assessment Tool), позволяющая оптимизировать сроки заготовки надземной фитомассы для использования в качестве возобновляемого энергетического ресурса;

– впервые дано технико-экономическое обоснование целесообразности использования насаждений *S. alba* в качестве экологичных природных фильтров для минимизации поступления в водные экосистемы с сельскохозяйственных угодий загрязняющих соединений азота и фосфора.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Результаты исследований соискателя, приведенные в диссертационной работе, характеризуются высокой степенью достоверности, поскольку базируются на большом объеме экспериментального материала, полученного с использованием общепринятых методов полевых и камеральных работ, а также современных способов их статистической обработки и представлены в виде таблиц и иллюстраций. Сформулированные в заключительной части работы выводы и практические рекомендации обоснованы и хорошо аргументированы, что подтверждается комплексным характером многолетних исследований, оригинальностью подходов к решению поставленных задач, детальным осмыслением и глубоким всесторонним анализом полученных результатов.

Это в совокупности позволило автору сделать обоснованные и достоверные выводы, а также разработать рекомендации по практическому использованию результатов, что подтверждается 4 актами о внедрении в практику работы субъектов хозяйствования различных форм собственности.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Результаты диссертационного исследования А. А. Бутько имеют важное фундаментальное, прикладное и социально-экономическое значение. Теоретическая составляющая данной работы заключается в получении новых

научных данных по морфометрическим и продукционным характеристикам растений ивы белой при культивировании в нижней (опыт) и верхней (контроль) части водосбора проточного водоема. Наиболее выразительными выявленные различия изучаемых характеристик оказались во втором трехлетнем цикле наблюдений, что объясняется возможным кумулятивным эффектом в накоплении дополнительно поступающих с аграрными стоками ряда химических элементов, в том числе азота и фосфора, стимулирующих производование органического вещества в надземных органах растений, что позитивно сказывалось и на их морфометрических параметрах. По результатам исследования сезонной динамики морфометрических параметров надземных и подземных органов и относительной доли их фитомассы в формировании продуктивности растений предложен метод расчета общей продуктивности насаждений ивы.

На основании данных о запасах надземной фитомассы в экспериментальных насаждениях ивы и ориентируясь на результаты вегетационного опыта, были определены расчетные параметры накопления в ней азота и фосфора в начале, середине и конце вегетационного периода, использованные в дальнейшем при моделировании действительно возможной продуктивности ивы, с учетом лимитирующего влияния на нее не соответствующего физиологическим потребностям растений содержания в субстрате азота и фосфора, как основных элементов минерального питания.

Важное фундаментальное значение имеет также сопоставление результатов моделирования параметров накопления азота и фосфора в надземной фитомассе насаждений ивы в конце вегетационного периода в годы исследований с их фактическими значениями, полученными экспериментальным путем, позволившее установить между ними заметное сходство, подтверждаемое незначительными расхождениями по среднему модулю отклонений по запасам азота в пределах 11,5, а фосфора – 3,8 кг/га при средней абсолютной ошибке результатов моделирования соответственно 15,7 и 17,7%, подтверждающих хорошее качество прогноза по содержанию данных элементов в биомассе ивы.

Научно обоснована целесообразность использования данных насаждений в качестве вегетативных фильтров в ложбинах стока на территории водосбора при весьма высокой экономической эффективности. При сохранении паритета между расчетной стоимостью условного топлива 210 долл. США, рекомендованной Департаментом по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь, и отпускной ценой производителя 15,1 долл. США/нис. m^3 , рентабельность инвестиций составит 169,6%, а среднегодовая чистая прибыль – 327,1 долл. США.

Практическая значимость результатов диссертационной работы А. А. Бутько документально подтверждена их использованием в учебном процессе МГЭУ им. А. Д. Сахарова, а также внедрены в практику работы Логойской районной инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды, филиала «Ресурсный центр ЭкоТехноПарк – Волма» УО «Республиканский институт профессионального образования», РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», ООО «Ляховичская вербочка».

Все это позволяет заключить, что результаты исследований соискателя вносят значительный теоретический вклад в развитие новых знаний в области экологии и рационального природопользования на основе оптимизации экологических условий за счет расширения направлений использования представителей семейства ивовых в целях охраны водных объектов и имеют важное практическое и социально-экономическое значение.

Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Основные положения и научные результаты соискателя, выносимые на защиту, опубликованы в полном объеме и отражены с достаточной полнотой освещения в 29 научных работах, в том числе в 7 публикациях из обязательного перечня ВАК Республики Беларусь, а также в зарубежных рецензируемых научных изданиях и в сборниках научных трудов и материалов конференций.

Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК Республики Беларусь

Диссертация А. А. Бутько изложена на 200 страницах и включает следующие разделы: введение, общая характеристика работы, аналитический обзор литературы, объекты и методы исследований, экспериментальную часть, включающую 4 главы, заключение, и библиографический список из 311 наименований других авторов и 29 публикаций соискателя, а также 10 Приложений. Всего в диссертации 24 таблицы и 39 рисунков, усиливающих наглядность демонстрируемого материала.

Диссертация написана с пониманием излагаемых вопросов, материалложен логично и последовательно, в конце каждой главы приводятся выводы, в которых обобщаются результаты, полученные в экспериментах.

Единственным недостатком при ссылках на использованные литературные источники, превышающих объем 5 страниц, не указаны номера страниц, на которой (на которых) расположены использованные сведения, иллю-

страгии, таблицы, формулы, уравнения, согласно требованиям второго абзаца п. 28 Инструкции...

В целом, оформление диссертации и рукописи представленного автореферата соответствуют требованиям Постановления Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь № 5 от 22.08.2022 г.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Выполненные автором оригинальные исследования в области одной из наиболее актуальных проблем экологии, связанной с разработкой теоретических основ и практических мероприятий по оптимизации экологического состояния природной среды на основе создания посадок ивы в качестве вегетативных фильтров в ложбинах стока на территории водосбора, с использованием как распространенных, так и новейших методов получения и обработки научной информации, имеют важное фундаментальное и прикладное значение.

Бесспорно, это зрелая и актуальная работа, основанная на достоверных результатах долгосрочных комплексных исследований, отличающаяся глубиной научного анализа при обобщении и интерпретации полученных результатов. Работа прекрасно оформлена, написана логично, хорошим литературным стилем, все ее выводы и положения убедительно аргументированы, взаимоувязаны и отражают поставленные автором цели и задачи исследований.

Достаточно широкая апробация полученных результатов на ряде международных научных, научно-практических конференциях в Беларуси, странах ближнего и дальнего зарубежья, их востребованность свидетельствуют о высоком научно-методическом уровне диссертации и подтверждают научную квалификацию А. А. Бутько как соискателя ученой степени кандидата биологических наук.

Замечания в адрес диссертационной работы

Серьезных замечаний принципиального характера по содержанию и оформлению диссертационной работы и автореферата не имеется. Вместе с тем нельзя не остановиться на некоторых ее недостатках, носящих, возможно, дискуссионный характер и не высказать ряд пожеланий, рекомендательного плана.

1. В таблице 1.1 для объекта диссертационного исследования ива белая сорта Волмянка в строке «требовательность к почвам» указано «*кроме песчаных*», а уже далее по тексту на с. 36 он характеризуется как «*наименее требователен к условиям произрастания*».

2. Досадным упущением автора, на наш взгляд, является то, что в эксперименте не предусмотрел один из важнейших показателей почвенного плодородия – содержание гумуса в грунте не только на этапе закладки почвенно-го профиля, но также и в конце каждого года вегетации (при отборе образцов). Соотношение С:N и круговороты этих элементов тесно связаны между собой, оба цикла не могут осуществляться друг без друга. Но, полагаем, что в дальнейшем соискатель обратит внимание на необходимость изучения данного вопроса.

3. В вегетационном опыте искусственный грунт готовился путем смешения песка и низинного торфа 1:1 по массе или объему? Это имеет определяющее значение, в т.ч. и при использовании этих данных в построении моделей.

4. Не совсем понятен методический подход отбора проб для определения содержания азота и фосфора в растениях в конце вегетационного периода, когда доля листьев в надземной фитомассе ивы минимальна. Но в мае-июле она составляет почти $\frac{1}{3}$ от общего объема биомассы, и активный метаболизм протекает именно в ассимилирующих органах, где может накапливаться азот и фосфор, а их неизрасходованная часть с опадением листьев осенью в ходе минерализации будет вновь поступать в почву, снижая роль биологического фильтра. На ваш взгляд, следует ли принимать в расчет данную биологическую особенность листопадных деревьев, а если нет, то почему?

5. Мелкие мужские и женские цветки ивы белой, собранные в соцветия, различаются морфологически и не могут быть представлены только тычинками с различной окраской пыльников (с.37).

6. В большинстве предлагаемых математических формул из литературного источника [268] показатели переведены с английского языка и, на наш взгляд, не совсем адаптированы к терминологии, принятой у нас. Например, как должен трактоваться и на основании чего рассчитываться показатель T_{opt} – биологически оптимальная температура, необходимая для развития растения?

7. Практическая рекомендация «... о целесообразности расширения направлений использования растений семейства ивовых в целях охраны водных объектов от широкого спектра поллютантов» не подтверждена результатами диссертационного исследования, посвященного, главным образом, только биогенным загрязнителям (азоту и фосфору).

8. Несмотря на относительно безупречный стиль изложения и серьезный анализ представленных в работе результатов исследований, к сожалению, в тексте диссертации и автореферата местами встречаются орографические ошибки, описки, стилистические погрешности, повторы, несогласованность

падежей, окончаний, нарушения правил пунктуации (с. 8, 15, 17, 19, 27, 30, 34, 37, 38, 44, 45, 81, 93, 100, 102, 114).

Тем не менее, высказанные замечания никоим образом не умаляют высокой значимости и достоинств представленной к защите работы в целом и могут быть сняты в ходе научной дискуссии.

Научные результаты, за которые соискателю может быть присуждена ученая степень

Диссертация Андрея Анатольевича Бутько «Эколого-биологическое обоснование использования насаждений ивы белой (*Salix alba L.*) в качестве природных фильтров для минимизации загрязнения водных экосистем биогенными элементами» соответствует специальности 03.02.08 – экология и отвечает требованиям п.20 Положения ВАК Республики Беларусь по присуждению ученой степени кандидата наук.

Ученую степень кандидата биологических наук Бутько Андрею Анатольевичу следует присудить за новые научные и практические результаты, полученные в ходе многолетних комплексных исследований в области экологии и рационального природопользования, включающие:

- разработку и экспериментальную апробацию оригинального методического подхода по оценке сезонной динамики общих запасов надземной фитомассы в насаждениях ивы с использованием эмпирических коэффициентов взаимосвязи между морфометрическими и биопродукционными характеристиками растений;
- адаптацию и усовершенствование имитационной почвенно-гидрологической модели SWAT (Soil and Water Assessment Tool) продуцирования надземной фитомассы и аккумуляции соединений азота и фосфора в насаждениях ивы в зависимости от гидротермического режима вегетационного периода, подтвержденной высокой силой связи ($R^2 = 0,925$) между расчетными и фактическими продукционными показателями при средней абсолютной ошибке прогноза 15,5%;
- научное обоснование и апробацию технологических подходов использования насаждений ивы белой в качестве вегетативных фильтров в ложбинах стока на территории водосбора, защищенных патентом на изобретение Республики Беларусь № 23977 от 30.04.2023 г.;
- разработку базовой технологической карты производства щепы при культивировании плантационных культур ивы с расчетом экономической эффективности производства энергии из биомассы ивы, показывающие высокую рентабельность данного направления и окупаемость вложенных инвестиций за 5,3 года.

Выражаю свое согласие на размещение отзыва о диссертации на официальном сайте государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларусь» в глобальной сети Internet.

Официальный оппонент

заведующий лабораторией экологической
физиологии и химии растений
ГНУ «Центральный ботанический сад
НАН Беларусь», к.б.н., доц.
04 января 2024 г.

А. П. Яковлев

Подпись А. П. Яковлева
УДОСТОВЕРЯЮ

