

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

СОЗИНОВА ОЛЕГА ВИКТОРОВИЧА

«ФИТОИНДИКАЦИЯ В БОТАНИЧЕСКОМ РЕСУРСОВЕДЕНИИ: КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ НА ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИХ ГРАДИЕНТАХ»

представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.08 – Экология (в биологии)

03.02.01 – Ботаника

Разработка принципов сохранения и рационального использования биологических ресурсов, гарантирующих устойчивое развитие окружающей среды, является одной из наиболее актуальных задач, стоящих перед современной наукой. В условиях устойчивого природопользования, а также в связи с быстрым ростом фармацевтической промышленности, для растительных ресурсов становится необходимым внедрение в практику ресурсоведения дистанционных и не деструктивных методов оценки ресурсов лекарственных растений. А изучение связи содержания и состава вторичных метаболитов с эколого-морфологическими параметрами, в свою очередь, дает возможность прогнозировать качественные параметры лекарственного растительного сырья.

Однако системы подобных методов для оценки ресурсов лекарственных растений до настоящего времени разработано не было. Поэтому актуальность данного исследования не вызывает сомнений.

Исследования проведены О.В. Созиновым в период с 2004 по 2017 гг. в пределах Республики Беларусь. За этот период был собран материал по 12 модельным видам растений с использованием эколого-ценотических, популяционных, агрохимических, фитохимических, ресурсных методов, а также методов геоботанического картографирования. Автором изучено около 500 ценопопуляций модельных видов и выполнено около 1100 геоботанических описаний.

Изучение на большом объеме материала в течение 14 вегетационных сезонов комплекса характеристик, анализ данных, проведенный на значительном материале, собранном в разных частях Республики Беларусь, полная корректная статистическая обработка данных позволили автору сформулировать обоснованные научные положения и выводы, обоснованность которых не вызывает сомнения.

Приведенные в диссертационной работе результаты исследований свидетельствуют о высоком уровне проведенных исследований, владении современными методами эколого-ценотических, популяционных, фитохимических, ресурсных исследований, статистической обработки полученных материалов, дистанционного картографирования.

О.В. Созинов выполнил трудоемкую работу, собрал и тщательно проанализировал значительный объем материалов, что не оставляет

сомнений в достоверности полученных материалов, научных положений и выводов исследований.

Основные задачи исследований выполнены автором в полной мере. Новизна научных положений, результатов и выводов очевидна.

Сочетание современных методов сбора, обработки и анализа материалов, значительный объем полученных данных, хорошее владение библиографическими источниками по теме исследования позволило автору установить и сформулировать положения, характеризующиеся значительной научной и практической значимостью.

О.В. Созиновым разработан оригинальный алгоритм определения градаций экологических факторов растительных сообществ на основе экологических диапазонных шкал и регрессионного анализа, а также выявления лимитирующих факторов для лесных фитоценозов. Данный алгоритм рекомендован для применения в области ресурсоведения, геоботаники, экологии растений. В настоящее время он успешно используется для научных исследований в области экологии растений и животных учеными Беларуси, России и Украины.

Автором проведен анализ точности различных методов определения проективного покрытия растений с помощью квадрата-сетки с использованием компьютерных технологий. Определены поправочные коэффициенты.

Впервые созданы карты урожайности и запаса фитомассы *Ledum palustre* L. в некоторых районах Республики. Проведено картирование ресурсов модельных видов растений: *Comarum palustre* L., *L. palustre* L., *Menyanthes trifoliata* L.) и впервые в ботаническом ресурсоведении использована методика кригинга в виде обобщенной линейной регрессии для прогнозной оценки урожайности модельных видов в аналогичных растительных сообществах.

Автором выявлены тенденции и закономерности биотопической, сезонной и разногодичной variability центотических, морфометрических и фитохимических характеристик *L. palustre*, *Vaccinium vitis-idaea* L., *C. palustre*, *Calluna vulgaris* L., *M. trifoliata*; разработаны экспресс-методы определения урожайности лекарственного растительного сырья. Разработана методика выявления потенциально ресурсозначимых растительных сообществ на основе геоботанических карт.

Разработанные О.В. Созиновым материалы могут быть использованы при разработке методов сохранения растительных ресурсов и создании схемы эксплуатации растительного мира. На основе выявленных автором закономерностей у ряда видов лекарственных растений выявлен ресурсно-фитохимический оптимум заготовки сырья, что позволяет оптимально использовать ресурсы данных видов, а также показаны особенности его формирования в зависимости от местообитания и погодных особенностей сезона, что особенно важно при организации системного использования лекарственного растительного сырья.

Разработанный набор алгоритмов для создания ресурсоведческих карт

и карт приоритетных заготовок по лекарственным растениям позволяет оперативно оценить ресурсный потенциал крупных территорий.

Диссертационная работа О.В. Созинова состоит из введения, 5 глав, выводов, списка использованной литературы (380 источников, в том числе 52 на иностранных языках) и 6 приложений. Работа изложена на 268 страницах машинописного текста, содержит 66 рисунков, 59 таблиц.

По теме диссертационной работы опубликованы 3 коллективные монографии, 18 статей в рецензируемых периодических научных изданиях, в том числе 12 – из списка рекомендуемых ВАК РФ, включая 1 статью в издании, реферируемом Web of Science и Scopus, а также 20 публикаций в тезисах и материалах научных мероприятий.

Автореферат полно отражает содержание и структуру диссертационной работы, содержит таблицы и графический материал, облегчающих восприятие излагаемого материала и дополняющих его.

В Главе 1 диссертантом рассмотрены и проанализированы различные подходы к фитоиндикации в экологии и популяционной биологии растений. Особо отмечены современные тенденции внедрения информационных и космических технологий, позволяющие разработать систему информационного обеспечения по биоресурсам, включая создание ресурсоведческих карт. По итогам рассмотрения автором сделаны заключения о необходимости создания и внедрения в практику ГИС по растительным ресурсам; об эффективности ресурсного районирования на основе ландшафтного принципа; о необходимости детального дешифрирования аэро- и космоснимков для выявления таксационных показателей; о необходимости разработки и использования вегетационных индексов для определения запасов и качества ЛТС; о необходимости разработки и внедрения портативных приборов для оценки качества и количества сырья в полевых условиях.

Автор хорошо владеет современными литературными источниками по предмету исследования. Так, более 50% цитируемых в работе литературных источников опубликованы позднее 2000-го года.

Глава 2 посвящена материалам и методам работы. В ней приводятся методы исследований, включающие методы выделения и описания фитоценозов, агрохимические методы анализа про почвы, оценки экологических предпочтений вида, методы наземного и дистанционного геоботанического картографирования; методы определения урожайности и общих запасов сырья, включая методики модельных экземпляров, учетных площадок и ключевых участков. Рассмотрены методы фитохимического анализа лекарственного сырья для определения суммарного содержания фотоцианидов, флавоноидов, феногликозидов, суммы антоцианов, суммарного содержания фенольных соединений, количественного определения арбутина. Приведены алгоритмы расчета реактивности и порога чувствительности вида и охарактеризованы статистические методы обработки материала, используемые автором.

Исследования проводились в пределах Республики Беларусь. Всего автором изучено более 500 ценопопуляций лекарственных видов растений, выполнено более 1100 геоботанических описаний.

Совокупность использованных методов и огромный фактический материал обеспечивают достоверность полученных автором результатов и выводов.

Глава 3 содержит результаты исследования, касающиеся оптимизации методов оценки и прогноза экологических факторов и растительных ресурсов. Автор приводит результаты исследований по оптимизации расчета экологических градаций по шкалам Д.Н. Цыганова (1983) на примере видового состава растений сероольшаника. Выяснено, что наиболее рациональным способом нахождения минимальных и максимальных диапазонов валентности видов растений является линейный регрессионный анализ с использованием метода наименьших квадратов. Автором в программе MS Excel 2007 разработан полуавтоматический алгоритм регрессионного анализа для оптимизации расчетов по шкалам Д.Н. Цыганова (1983) и визуализации уравнений регрессии, который размещен в свободном доступе на сайте «Ценофонд лесов Европейской России». Также приведена методика оценки потенциального оптимума сообщества на основе 319 геоботанических описаний сосняков Центральной части Беларуси, классифицированных по 12 типам леса, по диапазонным шкалам Я.П. Дидуха (2011). Оценены лимитирующие факторы с помощью экологических индексов для областей экологического минимума и максимума. Автором представлена ординация изученных типов сосняков в экологическом пространстве факторов в соответствии с оптимумными шкалами Н. Ellenberg (1974). Отмечено, что каждому типу сосняков соответствует оригинальный спектр значений экологических индексов, который можно рассматривать как иллюстрацию гиперпространства экологической ниши данных типов, включая лимитирующие факторы.

Разработанный автором способ оценки градаций экологических факторов местообитаний позволяет оптимизировать фитоиндикацию растительных сообществ.

Раздел 3.2 посвящен оценке учета проективного покрытия и площади популяций растений. Автором проведены результаты оптимизации метода определения величины проективного покрытия методом квадрата-сетки с помощью сред ImageJ и Matlab, где предварительно оцифрованные изображения были обработаны. Всего было обработано 30 матриц. В результате автор показал, что использованный вариант обработки позволяет повысить точность учета до 2-5%. Также рассмотрены методы оценки проективного покрытия с помощью фотоплощадок и виртуальных площадок. Цифровой формат метода уколов (фототочек) дает точность оценки проективного покрытия близкую к лучшим глазомерным экспертным оценкам. В результате исследований выявлены особенности применения и точность различных методик оценки проективного покрытия.

В результате исследований и обработки материалов автором получены также регрессионные уравнения для определения сырьевой фитомассы через морфо-ценотические параметры модельных видов. Проанализированы полученные другими исследователями данные по определению урожайности *V. vitis-idaea*, отмечена целесообразность создания региональных экспресс-методик.

В главе 4 проанализирована согласованность изменчивости морфометрических, ресурсно-ценотических и фитохимических параметров модельных видов растений на экологических градиентах. Рассмотрена биотопическая изменчивость морфометрических и фитохимических параметров *C. palustre*, *V. vitis-idaea* и *C. vulgaris*. Исследования показали целесообразность зимних заготовок энергоресурсной фитомассы и осенней заготовки лекарственного растительного сырья *C. palustre* как варианта устойчивой эксплуатации пойменных осоковых биотопов. При изучении *V. vitis-idaea* установлена достоверная положительная зависимость суммарного содержания флавоноидов от увеличения инсоляции, в связи с этим оптимально проводить заготовку сырья данного вида на вырубках, полянах и опушках. При исследовании фитомассы *C. vulgaris* установлено, что наиболее высокий уровень фенольных соединений и антоцианов характерен для соснового редколесья со сквозистостью до 90%. Отмечена положительная связь суммарного содержания флавоноидов с уровнем трофности, содержанием азота в почве, переменности увлажнения и отрицательная – со стадией восстановления фитоценозов после нарушения. Ресурсно-фитохимический оптимум заготовки данного вида отмечен в верещатниках.

Отдельный раздел посвящен рассмотрению вопроса внутрибиотопической разногодичной изменчивости на примере ценопопуляции *V. vitis-idaea*. Выявлен тренд изменчивости содержания флавоноидов по годам. Также показано сильное влияние *V. myrtillus*, а также зеленых мхов (46 и 12% варьирования обилия, соответственно, обусловлено их чистым влиянием). Автором классифицированы отношения *V. vitis-idaea* с растениями живого напочвенного покрова.

Анализ содержания БАВ в листьях брусники в 12 изученных ценопопуляциях показал достоверные отличия параметра в одних и тех же биотопах в июле и августе, которые возрастают по мере усиления освещенности. По фенольным соединениям различия между биотопами менее выражены. Аналогичны закономерности прослежены для проантоцианидинов. По остальным соединениям автор отмечает волнообразную зависимость накопления. При этом, по большинству из них максимум накопления характерен в июле при освещенности около 90%.

Изучение содержания флавоноидов и фенолгликозидов в коре *Salix viminalis* показало высокую разногодичную изменчивость – от 20 до 70%, тогда как содержание проантоцианидинов оказалось более стабильным и варьировало от 13 до 20%.

Установлено, что биотопическая изменчивость морфо-ценотических и ресурсных параметров модельных видов лекарственных растений четко согласуется с экологическими условиями местопроизрастания.

В главе 5 подробно описан алгоритм картографирования ресурсов лекарственных растений в пределах ключевого участка (на примере *S. palustre*, *I. palustre*, *V. vitis-idaea*), а также методика ресурсоведческого картографирования больших территорий с использованием геоботанических карт и ключевых участков (на примере *I. palustre*), включающий выбор и обработку космоснимков, создание слоя ГИС, расчет нормализованного вегетационного индекса (NDVI), построение растровой карты, разработку слоя эталонных участков по материалам наземных исследований, классификацию болотных угодий на основе обучающих выборок по методу максимального подобия, создание цифровой картографической модели с использованием стандартных функций ArcGIS и выборочную полевую проверку данных.

Автор убедительно демонстрирует, что составленные по предложенному алгоритму цифровые карты корректно согласуются с материалами лесоустройства, что позволяет использовать их при планировании мероприятий побочного лесопользования и организации заготовок лекарственного сырья.

По методу комплексного ресурсного картографирования автором осуществлено исследование территории лесоболотного комплекса «Дикое» (Беловежская пуца). Ресурсными изысканиями было охвачено 25% территории, была проведена оценка запасов сырья *M. trifoliata* и созданы ресурсно-ценотические карты по данному виду.

На основе полученных данных автором сформулированы практические рекомендации для оперативного управления ресурсами хозяйственно-полезных видов, разработки практических мероприятий в области рационального природопользования.

Результаты исследований О.В. Созинова имеют важное теоретическое значение и вносят существенный вклад не только ботаническое ресурсоведение, но и важнейшие разделы фундаментальной экологии, такие как учение о ценопопуляциях, позволяют лучше понять пути адаптации особей и популяций к меняющимся условиям среды.

Диссертация заканчивается краткими и четкими выводами, логически вытекающими из результатов исследований и не вызывающими сомнений.

Работа хорошо структурирована, аккуратно оформлена. Значительное количество таблиц и рисунков позволяет легче воспринимать излагаемые результаты. Текст написан хорошим литературным и научным языком, выверен.

В работе присутствуют мелкие погрешности технического характера, но общая оценка данной работы высока, что позволяет без пренебречь перечислением незначительными пометками.

Автором в полной мере выполнены задачи исследований. Приведенные в диссертационной работе результаты исследований свидетельствуют об их высоком уровне.

Диссертационная работа является завершенным научным исследованием. Личный вклад автора в разработку научной проблемы подтвержден. Публикации по теме диссертационной работы достаточно полно отражают её содержание и полученные результаты.

Представленная работа имеет весомую научную и практическую значимость, полностью отвечает требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения научным и научно-педагогическим работникам ученых степеней и присвоения научным сотрудникам ученых званий, а ее автор, Созинов Олег Викторович, заслуживает присвоения ему ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.01 – ботаника, 03.02.08 – экология.

Доктор биологических наук  
(03.00.05 - ботаника, 03.00.16 – экология)  
профессор, гл. научный сотрудник,  
и.о. заведующий отделом экологии и  
ресурсоведения растений  
Федерального государственного  
бюджетного научного учреждения  
«Всероссийский научно-исследовательский  
институт охотничьего хозяйства и звероводства  
им. проф. Б.М. Житкова»

Егошина Татьяна Леонидовна

610000 г. Киров, ул. Преображенская, 79  
ФГБНУ ВНИИОЗ им. проф. Б.М. Житкова  
Тел./факс 8-8332-35-37-15  
Тел. моб. 8 909 716 68 66  
E-mail: etl@inbox.ru  
Сайт: vnioz@mail.ru

Подпись Т.Л. Егошиной заверяю  
ученый секретарь ФГБНУ ВНИИОЗ, к.б.н.



В.А. Соловьев