

О Т З Ы В официального оппонента

на диссертацию **Котлова Ивана Павловича**

**" ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЛЕСНОГО ПОКРОВА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ
(ОЦЕНКА НА ОСНОВЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ МЕТРИК ФРАГМЕНТАЦИИ)",**

представленную на соискание ученой степени кандидата наук по
специальности **1.5.15 «Экология (биологические науки)»**

Значительное возрастание темпов трансформации природных экосистем под влиянием природных и антропогенных факторов предопределяет необходимость оценки их устойчивости и прогноза динамики. Одним из важнейших показателей служит пространственная структура экосистем и ее изменения под воздействием внешних факторов в связи с функциями экологического каркаса территории. Исследование пространственной структуры растительного покрова предполагает оценку своеобразия географического рисунка, мозаичности и фрагментации экосистем. Тема пространственной структуры ранее неоднократно поднималась отечественными учеными, прежде всего при изучении структуры почвенного покрова (В. Фридланд) и более подробно ландшафтных мозаик (А.С. Викторов, Л. Ивашутин, В. Николаев, А. Топчиев). В отечественной науке эти исследования преимущественно были акцентированы на изучении функциональных особенностей – взаимосвязей между компонентами экосистем и происходящих в них процессов.

Актуальность избранной темы. Вопросы, поставленные Иваном Павловичем Котловым в своей диссертации и посвященные оценке фрагментации пространственной структуры лесного покрова Московской области на основе количественных метрик, в настоящее время крайне актуальны в связи с значительной трансформацией экосистем региона и необходимостью оценки их устойчивости, прогноза и управления. Особую значимость имеет определение связи фрагментации пространственной структуры с функциями экологического каркаса территории.

Цель исследования - выявление особенностей пространственной структуры лесного покрова Московской области на основе количественных методов измерения фрагментации. Поставленные автором **задачи** полностью раскрывают цель исследований. Особый интерес представляет оценка взаимообусловленности геоботанических параметров, полученных в ходе полевых работ и количественных метрик фрагментации, а также разнообразие особенностей фрагментации, присущее разным типологическим единицам лесного покрова в ранге формаций.

Несомненным плюсом настоящей работы является то, что автор рассматривает достижение поставленной цели не просто как серьезное фундаментальное исследование, а в качестве основы для оценки потенциала использования метрик фрагментации при проектировании элементов

экологического каркаса Московской области, включая оценку соответствия существующей сети ООПТ и других природных территорий.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

В диссертации сформулирован ряд положений, нашедших убедительное подтверждение на большом фактологическом материале (1694 геоботанических описания растительных сообществ Московской области, собранных по единой методике в 2006-2019 гг. общим числом). Заключение и основные выводы диссертации также обоснованы и оригинальны, а результаты опубликованы в научной печати и доложены на 13 международных и 4 российских конференциях. Основные результаты работы вошли в доклады, представленные Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Не вызывает сомнений достоверность результатов, полученных в результате обработки большого фактологического материала, применения современных подходов и программного обеспечения к анализу данных дистанционного зондирования, расчетам индексов и метрик фрагментации, пространственному анализу выделов. Следует отметить особое внимание автора к обсуждению статистически достоверных показателей взаимосвязей между параметрами.

В результате исследований разработана новейшая геоботаническая карта Московской области, основанная на обширной базе данных полевых геоботанических описаний и материалах дистанционного зондирования, которая показывает хороший уровень соответствия с подготовленными ранее геоботаническими картами и картой преобладающих пород.

Впервые показано и охарактеризовано наличие корреляций метрик фрагментации с геоботаническими параметрами, такими как лесохозяйственные характеристики выделов, индексы видовой уникальности и выровненности, видовое богатство, представленность эколого-ценотических групп в целом и по отдельным ярусам. Показаны значимые различия метрик фрагментации для эколого-фитоценотических формаций.

Учитывая, что до последнего времени преобладали работы по изучению метрик фрагментации для тундровых сообществ (А. Кораблёв, С.С. Холод), автором впервые применительно к структуре лесного покрова дана оценка функциональных метрик (экологического ядра, контрастности, изоляции и связанности), ранее практически не изученных.

Особо следует выделить предложение и апробирование нового подхода к проектированию экологического каркаса территории и выделения приоритетных ядер экологической сети разного уровня, которые формируют связность каркаса. Наряду с совместимостью предложенной автором

экологической сети с экологическим каркасом Схемы территориального планирования региона, она в ряде случаев превосходит его по качеству интеграции с природной средой, поскольку предлагает более оптимальное размещение элементов экологической сети.

Требования ВАК РФ по количеству и качеству публикаций выполнены, по теме диссертации опубликовано 6 статей в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации и 15 тезисов в сборниках материалов конференций.

Личный вклад автора в защищаемую работу не вызывает никаких вопросов. Им полностью выполнены работы по формированию базы геоданных, обработке материалов ДЗЗ, картографическому моделированию лесных сообществ, статистической обработке данных, анализу и интерпретации результатов, написанию текста диссертации и подготовке публикаций. Кроме этого, автор принимал частичное участие в сборе полевого материала и обработке геоботанических описаний.

Структура и объем работы вполне соответствует уровню кандидатской диссертации: общий объем – 165 страниц 6 глав и заключения, 5 приложений. Список литературы включает 170 источников, большая часть которых (124) на иностранных языках. Следует отметить, что автора отличает хорошее знание зарубежной литературы и отчетливое понимание современного уровня исследований в этой области, что свидетельствует о высоком уровне выполненной работы.

В первой главе приводится сравнение особенностей исторического развития подходов к оценке пространственной структуры экосистем в отечественной и зарубежной ландшафтной экологии, и к количественному измерению пространственной структуры экосистем с помощью метрик фрагментации. Проводится обзор широко распространенных метрик и их взаимосвязей с особенностями экосистем. В работе показано, что тенденция ландшафтной экологии к описанию и прогнозированию процессов через пространственные структуры дополняет подходы отечественной традиции в экологии – изучение процессов как факторов формирования пространственной структуры («факторы дифференциации»).

В контексте природоохранной значимости метрик фрагментации проводится анализ законодательства в этой области. Особое внимание уделено проблеме экологического каркаса территории, который было бы наиболее целесообразно включить в схему территориального планирования регионов для его позиционирования в структуре природопользования субъекта. Вместе с тем показано, что в настоящее время в силу особенностей существующей нормативной базы на практике формирование экологического каркаса проводится скорее по остаточному принципу, а процесс территориального планирования в отношении экологического каркаса имеет скорее пассивный характер, нежели выявление участков с наибольшим потенциалом в качестве элементов каркаса.

Во второй главе всесторонне и полно освещается объект исследования, ландшафтная структура территории и факторы формирования экосистем, климат, рельеф, поверхностные отложения и почвы, приводится характеристика растительности и ботанико-географическое районирование территории. В заключительном подразделе (2.6) приводится характеристика роли антропогенного фактора в формировании лесного покрова Московского региона, который, по мнению автора, в настоящее время представлен сукцессионной мозаикой из лесных массивов разного состава, возраста и происхождения. Краткое описание исторических предпосылок, которые приводятся в работе, выглядит достаточно убедительно для подтверждения такого заключения.

В третьей главе достаточно подробно и полно описаны методы исследования, включающие типологическую классификацию полевых описаний, картографирование лесного покрова и метрики фрагментации (площади и периметра, конфигурации, экологического ядра, контраста, изоляции и связанности), приведена краткая характеристика математических и статистических методов анализа.

Особый интерес представляет попытка автора использовать анализ фрагментации наземных лесных экосистем для выявления участков, наиболее подходящих для роли экологических ядер, коридоров и буферных зон с выявлением наименее фрагментированных участков леса (выделов) и их классификацией по типам фрагментации. Для выявления выделов, устойчиво различающихся между собой по характеру фрагментации, использован метод классификации к-средних. Полученные классы отражают характерные типы фрагментации лесных выделов, которые были охарактеризованы по значениям метрик, каждому классу присвоена его потенциальная роль в экологическом каркасе.

В четвертой главе подробно изложены результаты исследований, которые хорошо структурированы и проиллюстрированы.

В результате типологической классификации лесных сообществ выделено 11 формаций, при векторизации получено 147 630 лесных выделов. Полученная карта типологического разнообразия Московской области в ранге лесных формаций была использована для расчета 14 метрик фрагментации. В рамках исследования была изучена и проиллюстрирована взаимосвязь метрик и геоботанических параметров, изученных в полевых условиях. С этой целью метрики фрагментации были сопоставлены с геоботаническими описаниями и проанализированы на предмет их попарной корреляции в пределах групп геоботанических параметров. Автором показано, что лесохозяйственные и биотопические характеристики в наибольшей степени зависят от контрастности границ, доли экологического ядра, сходства и близости. Тогда как видовое разнообразие, индексы выровненности и уникальности видового состава проявляют взаимосвязь с пространственными характеристиками выделов только для травяного и мохового ярусов. Наиболее отчетливая взаимосвязь метрик установлена с представленностью эколого-ценотических групп и, в первую очередь, таких метрик, как контрастность и сходство. Причем в случае олиготрофных и бореальных видов эта связь положительная, а неморальных и нитрофильно-влажнотравных – отрицательная.

В пятой главе проведен достаточно подробный анализ особенностей пространственной структуры лесного покрова Московской области. Автор отмечает, что приведенная типологическая классификация в достаточной степени отражает типологическое разнообразие региона, а пространственное распределение хвойных, мелколиственных и широколиственных пород согласуется с имеющимися мелкомасштабными и крупномасштабными картами, включая лесотаксационные, хотя последние имеют сдвиг в сторону более хозяйственно значимых пород.

В работе показано, что доминирование хвойных лесов связано с наименьшей фрагментацией этого класса формаций по метрикам размера, контрастности, изоляции. Сразу за ними следуют мелколиственные и затем широколиственные леса. Вместе с тем, метрики описанной окружности, смежности и дистанции являются индикаторами интразональности, а сукцессионный статус лесов можно оценить с помощью метрик смежности и отношения периметр/площадь: их наибольшие значения площадь у дубовых, липовых, широколиственно-еловых, а наименьшее – у осиновых и сероольховых лесов, которые формируют сетчатую мелкодисперсную пространственную структуру.

В главе шесть приведены результаты применения метрик фрагментации в качестве основы для проектирования экологического каркаса Московской области. На мой взгляд, эта глава является совершенно логичной и кульминационной для той огромной и кропотливой работы, которая была проведена автором на предыдущих этапах. В отличие от ряда исследователей-предшественников, которые занимались изучением пространственной структуры растительного покрова и ее взаимосвязи с экологическими или иными показателями, автор пошел дальше, предположил и показал, что изучение и оценка фрагментации растительного покрова территории может быть успешно использована для проектирования экологических сетей и формирования экологического каркаса территории.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

На основе анализа количественных метрик фрагментации и геоботанических характеристик Юрием Александровичем предложен проект экологического каркаса территории Московской области и выделения приоритетных ядер экологической сети разного уровня. Автор показал, что такой подход позволяет с высокой степенью уверенности выделить среди потенциальных элементов экологического каркаса ядра первого и второго порядка, а также выделы, которые могут служить буферной зоной для ядер и коридоров. Аналогичным образом были рассчитаны экологические коридоры второго уровня. Следует отметить, что совпадение официальных природных территорий с предлагаемыми экологическими коридорами наблюдается примерно в половине случаев. Одной из существенных причин расхождения, по мнению автора, является то, что официальные природные территории часто (хотя и не всегда обоснованно) используют речные долины в качестве коридоров. Хотя это и более простой путь для проектирования, он связан с одним важным ограничением – речные долины нередко проходят через населенные пункты. Предложенные автором коридоры

избегают извилистых речных долин, используя крупные и слабофрагментированные лесные массивы. Таким образом, проектирование экологического каркаса через анализ и оценку фрагментации дополняет и усиливает общую концепцию охраны природного наследия региона ее, не изменяя существующую структуру природоохранной деятельности, а создавая ее новый аспект. И что немаловажно – экологический каркас формирует запрос на создание новых видов охраны лесов, возможно не столь строгих, но призванных для снижения краевых эффектов создать буферные территории вокруг существующих ООПТ.

Таким образом, результаты настоящей работы прекрасно показывают роль серьезных фундаментальных исследований, их значимости для нашего общества в решении важнейших прикладных задач, имеющих стратегическое значение в обеспечении экологической безопасности государства.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

В настоящей работе предлагается целый ряд актуальных задач по проектированию экологического каркаса территории Московской области, она вносит существенный вклад в развитие методологических и методических аспектов природоохранной практики, которые, безусловно, будут способствовать поддержанию баланса между рациональным природопользованием, уровнем высокого биоразнообразия и сохранением устойчивости экосистем в условиях влияния антропогенных и климатических факторов. Предложенная сеть ядер и коридоров имеет более рациональный характер, чем официальная в составе Схемы территориального планирования Московской области, в частности, благодаря тому, что смоделирована в уже существующих крупных и слабофрагментированных лесных массивах, поэтому нуждается в минимальных дополнительных природоохранных мероприятиях. Таким образом, автор не ограничился только результатами теоретических исследований, которые могут быть когда-то и кем-то использованы для применения на практике, а провел работу до конца – предложил государственным природоохранным органам научно обоснованный проект экологического каркаса Московской области и показал его преимущества. На мой взгляд, подобный подход по формированию экологических сетей имеет большие перспективы для распространения опыта на другие субъекты Российской Федерации с преобладанием лесных массивов на территории.

По тексту диссертации можно сделать некоторые замечания.

1. В самом первом абзаце раздела «**Научная новизна, теоретическое и практическое значение работы**» выделено, что разработана новейшая геоботаническая карта Московской области, основанная на обширной базе данных полевых геоботанических описаний, которая показывает хороший уровень соответствия с картой преобладающих пород и с подготовленными ранее геоботаническими картами. Тем не менее, в заключении и выводах, этот результат практически не

обозначен, лишь упомянуто, что полученная карта использовалась для расчетов. На мой взгляд, как геоботаника, это важнейший результат проведенной работы и его необходимо было также поставить первым пунктом при написании выводов. Хотя, если судить по формальным критериям, он и не стоял в числе задач, стоящих перед автором, т.е. в данном случае автор, по моему мнению, несколько занижил значимость своей работы.

2. По-видимому, было бы уместно несколько расширить и конкретизировать подраздел главы 1.3 (**Современные подходы к оценке пространственной структуры экосистем**, с. 17), содержание которого подразумевает характеристику основных подходов для оценки именно пространственной структуры экосистем, а не только применение ДЗЗ для создания карт актуального состояния и мониторинга экосистем, выявления типологического разнообразия лесов, мониторинга редких и охраняемых видов, и их местообитаний.

3. В работе отсутствует самая общая геоботаническая характеристика выделенных формаций и не приведены, например, показатели видового разнообразия, доминирующие виды разных ярусов, что было бы вполне уместно для понимания взаимосвязи метрик и пространственных характеристик выделов с геоботаническими особенностями формаций и отдельных ярусов.

4. Полагаю, что при обработке мультиспектральных спутниковых снимков для проведения классификации и пространственного анализа в рамках настоящей работы было бы весьма продуктивно использовать методы семантической сегментации снимков, которые в последние годы широко применяются зарубежными и отечественными исследователями при обработке материалов ДЗЗ. На мой взгляд, это позволило бы существенно повысить точность проводимых расчетов, включая показатели рангового коэффициента корреляции Спирмена.

5. Перечень выводов не совсем согласован с логикой задач, поставленных в диссертации.

6. Имеется некоторая несогласованность названий и условных обозначений для формаций, приведенных на рисунках и графиках с таковыми, определенными в Табл. 8. Например, в таблице – «Березово-осиновые с елью и осиной, местами с дубом и липой», в легендах – «Березовые».

7. Некорректно оформлены некоторые позиции списка литературы, см. ГОСТ 7.0.11—2011

Перечисленные замечания не меняют прекрасного впечатления от работы. Диссертация И.П. Котлова представляет собой законченное научное исследование, а полученные данные вносят существенный вклад не только в фундаментальную науку и имеют большую практическую значимость в плане обеспечения стратегии устойчивого развития Московской области и распространения предложенного подхода на другие субъекты Российской Федерации.

Таким образом, в диссертации Ивана Павловича Котлова на соискание ученой степени кандидата биологических наук решена важная научная проблема, которая, на мой взгляд имеет

высокую теоретическую и практическую значимость в области экологии, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 «Экология (биологические науки)».

Заведующий Лабораторией динамики
растительного покрова Арктики
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
к.б.н. Лавриненко Игорь Анатольевич

197022, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2 лит В
тел. (812) 743-00-16, эл. почта lavrinenkoi@mail.ru; lavrinenkoi@binran.ru

19.10.2023

Подпись И.А. Лавриненко верна