

«Утверждаю»
проректор ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова
профессор
доктор физико-математических наук

Федянин Андрей Анатольевич
« 9 » октября 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.
Ломоносова»

о теоретической и практической значимости
диссертационной работы Котлова Ивана Павловича

«Пространственная структура лесного покрова Московской области (оценка
на основе количественных метрик фрагментации)», представленной к защите на
соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности:

1.5.15 — экология (биологические науки)

Диссертация И.П. Котлова посвящена исследованию одного из актуальных вопросов современной ландшафтной экологии - зависимости функциональной роли и биоразнообразия от конфигурации, размеров, взаиморасположения, соседств пространственных единиц ландшафта. Эта концепция пока еще слабо используется в русскоязычной экологии и географии, хотя несомненно того заслуживает. В качестве объекта исследования избран лесной покров Московской области, который рассматривается с позиций взаимодействия разнотипных лесных массивов друг с другом и с окружающей антропогенной матрицей. Целью работы является выявление особенностей пространственной структуры лесного покрова Московской области на основе количественных методов измерения фрагментации.

Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения, 5 приложений. Список литературы включает 171 источник, в том числе 126 на иностранных языках. Общий объем диссертации – 165 страниц (основной текст – 150 страниц, приложения – 15 страниц), иллюстрирован 20 таблицами и 31 цветным рисунком.

Материалы диссертации прошли достаточную апробацию в научном сообществе. Они представлены на 13 международных и 4 российских конференциях. 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. Работа опирается на 1694 геоботанических описания, в том числе выполненные с участием автора и данные мультиспектральной съемки спутника Sentinel-2, выполненной в течение двух дней. Кондиционность и достаточность полевых данных не вызывает сомнений.

Актуальность работы видится в удачной попытке объяснить традиционные характеристики лесного покрова и биоразнообразия пространственным контекстом и горизонтальными взаимодействиями лесных экосистем, которые в большой степени определяются характером соседства и конфигурацией выделов.

Глава 1 содержит краткий, но информативный обзор мировых подходов к оценке пространственной структуры, проектированию экологического каркаса, а также опыта исследований в регионе. Автор правомерно обращает внимание на пробелы в законодательстве и даже в нормативной терминологической базе, которые препятствуют полноценному проектированию экологических каркасов, и критикует остаточный принцип выделения элементов экологического каркаса. Основное прикладное содержание диссертационного исследования как раз посвящено формированию предложений по созданию научно обоснованного и реалистического экологического каркаса.

Глава 2 представляет объект исследования. Дается подробное покомпонентное описание природы Московского региона, а затем – комплексная ландшафтная характеристика физико-географических провинций и объяснение антропогенных факторов фрагментации. К числу спорных решений автора можно отнести отсутствие информации о животном мире и требованиях ключевых видов к связности и фрагментации местообитаний, из-за чего не вполне ясно, охрана каких животных может быть стимулирована предлагаемым совершенствованием экологического каркаса.

Глава 3 после обзора полевых методов и способов извлечения информации из космических снимков содержит фактически методическое пособие по применению ландшафтных метрик их зависимости от масштаба исследования. Новизна диссертационного исследования включает применение автором широкого набора не только структурных, но и функциональных ландшафтных метрик, с помощью которых можно описать и объяснить не только состояние лесных фитоценозов, но и миграции животных, распространение нарушений в ландшафте, условия для развития экодинамических процессов и т.п. Обычная сфера применения ландшафтных метрик – описание структуры ландшафтов с контрастными типами растительности, чаще всего – с сочетанием лесных и безлесных территорий. И.П. Котлов усложняет задачу и исходит из идеи, что

мозаичность лесного покрова имеет не меньшее значение в формировании экологических функций. Для задач работы особенно конструктивными оказались метрики контраста и связанности, так как с их помощью автор удачно анализирует биоразнообразие и предлагает конфигурацию экологических коридоров. В обзоре статистических методов автор не упоминает регрессионный анализ, который позволил бы оценить совместное влияние нескольких факторов и неаддитивные эффекты, а также мог быть использован для отбора нескоррелированных метрик. Некоторые фрагменты главы содержат преждевременные выводы типа: «на основе полученных результатов установлена необходимость дополнительного поиска потенциальных коридоров экологического каркаса».

Глава 4 содержит основные результаты расчетов: посредством метрик проведен анализ лесного покрова с мозаичным сочетанием формаций, которое определяет разные степени влияния их друг на друга. Главная конструктивная идея автора: форма и взаиморасположение пространственных элементов лесного покрова определяют ход развития ряда экологических процессов. Корректной и соответствующей современным требованиям выглядит верификация результатов классификации формаций с оценкой сходимости по обучающей и тестовой выборкам. Диссертант приводит множество иллюстраций с объяснением смысла расчетов метрик, что имеет практический смысл для обучения будущих исследователей. При этом он удачно проводит четкую грань между признаками природных и антропогенных процессов и указывает на информативность конкретных метрик для распознавания таковых. Это достижение автора позволит в будущем ускорить и формализовать пространственный анализ обширных территорий. Особенно важны полученные доказательства, что по метрикам фрагментации можно в определенной степени судить о геоботанических характеристиках, что существенно расширяет возможность индикации по космическим снимкам. Убедительно показано, что для каждой формации характерны специфические закономерности антропогенной фрагментации.

Глава 5 посвящена описанию особенностей пространственной структуры лесного покрова. Само слово «особенности» требует сравнительного анализа с другими территориями: особенности на фоне чего? Слово «особенности» в названии поэтому лишнее. Для каждой формации приводится обстоятельная характеристика ее связи со свойствами компонентов ландшафта и зональной структурой. Хорошо увязаны результаты расчетов метрики смежности с мозаичностью природных и антропогенных факторов дифференциации. Для проектирования охраняемых территорий и экологических каркасов важно заключение о сопряженности характеристик ядер с их уязвимостью. Кроме того, диссертант демонстрирует возможность давать примерные оценки видового богатства на основании мер контрастности и конфигурации, причем отдельно для ярусов фитоценоза.

В главе 6 автор предлагает инновационный подход к проектированию экологических коридоров на основе метрик фрагментации и уникальности, который имеет большой практический потенциал для устранения несоответствий между существующими схемами территориального планирования регионов и реальной связностью лесных массивов, геометрическими свойствами и ландшафтными соседствами. Этот проект усилен формализованными геоинформационными методами определения наиболее эффективного пути между ядрами экологического каркаса с использованием показателей фрагментации как «матрицы сопротивляемости». Автор тщательно отбирает нескоррелированные метрики на основании выбранного порога достоверности. Затем лесные выделы объединены в классы с различной фрагментацией. Крупные выделы с различной степенью фрагментации удачно визуализированы на карте, которая становится наглядной основой для проектирования экологических коридоров с выделением ядер первого и второго порядка и выделов, которые могут служить буферной зоной для ядер и коридоров. Автор правомерно использует метод анализа весового расстояния (*least cost distance*), который использует меру соответствия выдела критериям принадлежности к экологическому коридору как матрицу проницаемости.

В целом, как методической частью, так и практической реализацией предложенного алгоритма диссертация закрывает довольно существенную брешь в отечественной методологии пространственного анализа в экологии и ландшафтоведении. Применяемый подход представляется чрезвычайно полезным как для планирования лесного хозяйства (прежде всего в аспекте выделения защитных лесов, особо защитных участков леса, выборе технологий лесопользования), так и для территориального планирования (в части выделения зон интенсивного, экстенсивного и ограниченного развития и обоснования экологического каркаса). Очень важна для природоохранного территориального планирования мысль автора, что усовершенствованный экологический каркас должен формировать запрос на создание новых видов охраны лесов, призванных создать буферные территории вокруг существующих ООПТ, чтобы снизить краевые эффекты.

В диссертационном исследовании есть некоторые недостатки, которые могут быть учтены при дальнейшем развитии темы.

1) Отождествление малой фрагментированности лесного покрова с максимальной пригодностью для функции экологического коридора при общей логичности выглядит несколько чрезмерным обобщением, так как можно представить виды животных, требовательные к определенной степени мозаичности местообитаний (т.е. к некоторому необходимому набору стадий). Вероятно, дальнейшее развитие темы может иметь целью совершенствование системы критериев с учетом потребностей более широкого набора видов. К сожалению, в работе целевые виды не конкретизированы (вероятно, это должны

быть «виды-зонтики», экологическая ниша которых покрывает ниши множества других видов). Кроме того, очевидно, что представленное исследование оперирует временными масштабами не более первых десятилетий, в то время как в долгосрочной перспективе многие из выделов березовой и осиновой формаций превратятся в еловые и хвойно-широколиственные леса. Тогда подбор щадящего режима природопользования для ныне вторичных мелколиственных лесов обеспечит их превращение в части полноценных экологических коридоров с зональной растительностью в будущем. Поэтому более убедительно выглядело бы описание существующих и проектируемых коридоров с конкретизацией набора формаций и доминирующих классов возраста.

2) Обзор современных подходов к оценке пространственной структуры экосистем слишком краток. Приводится перечень частных решаемых задач с примерами. В частности, не говорится об уже озвученных в научном сообществе проблемах, особенно масштабирования, зависимости информативности метрик от масштаба, дублировании информации метриками. Правда, основной текст работы затрагивает вопросы коррелирующих метрик.

3) В заголовке ряда таблиц (10, 11) допущена очевидная опечатка: имеется в виду коэффициент корреляции Спирмена, а не Симпсона (индекс Симпсона автор использует как показатель степени уникальности).

4) Есть некоторые неудачные выражения, в частности «индекс трофотопы демонстрирует положительную связь с контрастностью границ»: хотя количественные индексы и отражают разные ступени трофности, это все-таки не вполне число, которое может коррелировать с другим числом. При этом автор вполне корректно выбирает графический способ для показа различий между классами трофности. Однако желательнее было бы сопровождать графики (рис. 17, 18) результатами дисперсионного анализа и критериями значимости попарных различий между классами. Также неудачно звучит «нелинейное отклонение от общей закономерности взаимосвязи с метриками пространственной структуры» – это визуальное заключение по графику типа Box-Whisker plot (рис. 18-21), а не на основании нелинейной регрессионной модели. Возможно, если бы автор выбрал другие градации ландшафтной метрики, то «нелинейности» и не было бы. Более информативны здесь были бы простые точечные графики рассеяния с показом прямой или кривой линии аппроксимации.

Несмотря на отмеченные недочеты, диссертация представляет законченное самостоятельное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне и имеющее большое практическое значение. Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации. Диссертационная работа отвечает требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» № 842, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 с внесенными изменениями от 21.04.2016. Автор

диссертации Котлов Иван Павлович заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 — экология (биологические науки).

Доктор географических наук, доцент

Профессор кафедры физической географии и ландшафтоведения географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова МГУ, географический факультет, Ленинские горы, д.1, 119991, ГСП-1, Москва, Россия,

тел. +7 495 939 22 38, e-mail: avkh1970@yandex.ru

Хорошев Александр Владимирович

3 октября 2023 года

Подпись Хорошева Александра Владимировича заверяю:

Декан географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Академик РАН

С.А. Добролюбов

Отзыв на диссертацию и автореферат заслушан, обсужден и принят на заседании кафедры физической географии и ландшафтоведения географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова 3 октября 2023 г., протокол № 3. Результат голосования: за – 11 чел., против – 0, воздержавшихся - 0

Заведующий кафедрой физической географии и ландшафтоведения географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Член-корреспондент РАН

Доктор географических наук, профессор

К.Н. Дьяконов

Подпись Дьяконова Кирилла Николаевича заверяю:

Декан географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Академик РАН

С.А. Добролюбов