

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Петренко Татьяны Яковлевны
"КЛИМАТОГЕННАЯ ДИНАМИКА АРЕАЛОВ ВЕЧНОЗЕЛЕННЫХ
ДЕРЕВЬЕВ-ДОМИНАНТОВ ЛЕСОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ",
представленную на соискание ученой степени кандидата биологических
наук по специальности 1.5.9 – Ботаника.

Глобальные климатические изменения, происходящие на протяжении всей геологической истории Земли, оказывают определяющее влияние на формирование растительного покрова и динамику ареалов видов. В современных условиях повышения температуры приповерхностного слоя атмосферного воздуха, обусловленного как естественными планетарными факторами, так и антропогенным воздействием, особую актуальность приобретает прогнозирование изменений растительности и сдвига ареалов видов-доминантов лесных экосистем. Северо-Восточная Азия – регион, где климатические изменения проявляются особенно выражено, и где сосредоточены крупнейшие массивы бореальных и северных умеренных лесов, имеющих колоссальное средообразующее значение и высокий лесозэксплуатационный потенциал.

Актуальность избранной темы. Вопросы, поставленные Татьяной Яковлевной Петренко в своей диссертации и посвященные изучению климатогенной динамики ареалов вечнозеленых деревьев-доминантов лесов Северо-Восточной Азии, в настоящее время актуальны. Вечнозеленые хвойные виды – *Abies holophylla*, *A. nephrolepis*, *A. sachalinensis*, *Picea jezoensis* и *Pinus koraiensis* – являются ключевыми доминантами темнохвойных бореальных и северных умеренных лесных экосистем региона, обладают важнейшей эдификаторной ролью и значительным экономическим потенциалом. Понимание закономерностей динамики их потенциального распространения в связи с изменениями климата необходимо при планировании и осуществлении лесовосстановительных мероприятий, разработке стратегий охраны редких видов и оценке устойчивости лесных экосистем.

Особую значимость имеет выявление плейстоценовых рефугиумов и реконструкция истории формирования современных ареалов исследуемых видов, что существенно дополняет реконструкции растительности, полученные на основе палинологических и филогеографических исследований.

Цель исследования – выявление закономерностей динамики потенциального распространения видов вечнозеленых деревьев-доминантов лесных экосистем Северо-Восточной Азии путем моделирования климатических ниш на основе факторов тепло- и влагообеспеченности региона с конца плейстоцена до 2070 года – полностью соответствует современным фундаментальным исследованиям в области ботаники и экологии растений.

Поставленные автором задачи логически обоснованы и полностью раскрывают цель исследования.

Несомненным плюсом настоящей работы является то, что автор рассматривает достижение поставленной цели не только как фундаментальное исследование, но и в качестве основы для практических рекомендаций по ведению лесного хозяйства, включая выявление перспективных районов для создания лесных культур с учетом ожидаемых климатических изменений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. В диссертации сформулирован ряд положений, нашедших убедительное подтверждение на обширном фактологическом материале. Автором собрана и обработана значительная база данных о распространении исследуемых видов: 157 точек присутствия *Abies holophylla*, 278 точек *A. nephrolepis*, 601 точка *A. sachalinensis*, 479 точек *Picea jezoensis* и 207 точек *Pinus koraiensis*. Часть точек присутствия (142 локации) была получена непосредственно автором в ходе полевых исследований в Приморском и Камчатском краях, на острове Сахалин и Южных Курильских островах. Кроме того, для оценки современного климатического отклика деревьев проанализированы 778 дендрохронологических образцов из различных частей ареалов видов.

Закключение и основные выводы диссертации обоснованы и оригинальны, а результаты опубликованы в научной печати. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ в журналах, рекомендованных Перечнем ВАК РФ, в том числе 9 – в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science. Материалы были представлены на 5 научных конференциях различного уровня. Требования ВАК РФ по количеству и качеству публикаций выполнены.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Не вызывает сомнений достоверность результатов, полученных в результате применения современных методов моделирования распространения видов (Species Distribution Modelling, SDM) с использованием алгоритма машинного обучения «случайный лес» (Random Forest). Следует отметить тщательную проработку методологии исследования, включающую многоэтапную фильтрацию точек распространения, проверку предикторов на мультиколлинеарность, оценку качества моделей с помощью непрерывного индекса Бойса (Continuous Boyce Index, CBI). Все модели показали высокую достоверность.

Научная новизна работы не вызывает сомнений. Впервые разработаны оригинальные реконструкции потенциального распространения основных вечнозеленых деревьев-доминантов лесных экосистем Северо-Восточной

Азии для времени максимума последнего оледенения (~22 тыс. л. н.) и климатического оптимума голоцена (~6 тыс. л. н.). Впервые созданы и визуализированы в виде картографических материалов прогностические модели потенциального распространения исследуемых видов на 2070 г. в соответствии с двумя контрастными сценариями глобального изменения климата (RCP2.6 и RCP8.5). Впервые выявлены перспективные районы для создания лесных плантаций с учетом прогнозируемых биоклиматических условий. Впервые определены участки климатических рефугиумов, где условия были благоприятными для распространения видов с максимума последнего оледенения и сохранятся пригодными до 2070 года.

Важнейшим достижением работы является установление ключевой роли показателей влагообеспеченности территорий в моделях потенциального распространения всех исследуемых видов. Показано, что для *Abies sachalinensis* ключевым фактором выступает сумма осадков в виде снега, тогда как для других видов – сумма осадков в виде дождя. Выявлена специфика биоклиматических ниш разных видов: *Abies holophylla* требовательна к высокой тепло- и влагообеспеченности, а *Picea jezoensis* обладает самой широкой биоклиматической нишей.

Особый интерес представляют полученные результаты о динамике ареалов видов. Установлено, что во время максимума последнего оледенения вечнозеленые деревья-доминанты умеренных смешанных лесов (*Abies holophylla* и *Pinus koraiensis*) имели наибольшую площадь потенциального распространения за весь период исследования, причем климатически благоприятные территории располагались преимущественно в области современной шельфовой зоны Желтого и Японского морей. Площадь области потенциального распространения бореальных видов (*Abies nephrolepis*, *A. sachalinensis*, *Picea jezoensis*) изменялась незначительно, но происходил сильный географический сдвиг.

Прогнозные модели демонстрируют значительный сдвиг области потенциального распространения большинства исследуемых видов к 2070 году в северо-восточном направлении и сокращение ареалов на юге. Особую тревогу вызывает прогноз для *Abies holophylla*, у которого выявлена тенденция серьезной деградации как южных, так и северных популяций, с сохранением благоприятных условий лишь в виде узколокального эндемика Маньчжуро-Корейских гор.

Теоретическая значимость. Полученные реконструкции потенциального распространения на время максимума последнего оледенения и климатического оптимума голоцена дают представление о границах ареалов видов в прошлом и могут служить основой при интерпретации результатов палеонтологических и археологических исследований. Модели существенно дополняют реконструкции растительности, полученные на основе палинологических и филогеографических исследований. Практическая

значимость. Прогнозные модели распространения исследуемых видов позволяют оценить потенциальные изменения границ ареалов в будущем в соответствии со сценариями глобального изменения климата. Выявлены климатически благоприятные зоны для создания лесных культур хвойных-доминантов лесных экосистем. Эти прогнозы следует принимать во внимание при проведении лесовосстановительных мероприятий и при подборе ассортимента растений для озеленения.

Конкретные практические рекомендации включают: для *Picea jezoensis* и *Abies nephrolepis* благоприятными к 2070 году станут юго-восток Хабаровского края, хребет Джугджур и Становой хребет; для *Picea jezoensis* и *Abies sachalinensis* перспективной станет большая часть полуострова Камчатка; для *Pinus koraiensis* рекомендуются Буреинское нагорье, Баджальский и Становой хребты, а при реализации сценария RCP8.5 – западное побережье Охотского моря и центральная часть острова Сахалин. Карты распространения *Abies holophylla* могут быть использованы для разработки комплекса мер по охране вида и практических действий по сохранению чернопихтово-кедрово-широколиственных экосистем на юге Приморского края.

Структура и объем работы соответствуют уровню кандидатской диссертации: диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа изложена на 155 страницах машинописного текста, содержит 49 рисунков, 3 таблицы и приложение. Список литературы включает 306 источников, в том числе 235 иностранных. 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.

Во введении автор обосновывает актуальность, четко формулирует цели, задачи исследования и основные положения работы, выносимые на защиту, характеризует научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы.

Главы 1 и 2 содержат подробную характеристику природных условий и растительности Северо-Восточной Азии. Дано исчерпывающее представление о рельефе, климатических условиях, почвах и растительности региона. Материал хорошо структурирован и полностью соответствует задачам исследования.

Глава 3 достаточно подробно и полно описывает методы исследования, включая характеристику объектов исследования, теоретическую основу моделирования распространения видов, описание сбора данных, методологию моделирования потенциального распространения видов и методы оценки климатического отклика. Выбор параметров тепло- и

влагообеспеченности дискуссионен и может быть дополнен, однако позволяет выполнить поставленные задачи.

Главы 4-7 подробно представляют результаты исследования: анализ климатических факторов, модели современного распространения видов, потенциальное распространение видов во время максимума последнего оледенения и климатического оптимума голоцена. Результаты хорошо структурированы и проиллюстрированы качественными картографическими материалами.

Глава 8 посвящена прогнозированию распространения видов при климатических изменениях и содержит практические рекомендации по ведению лесного хозяйства. На мой взгляд, эта глава является совершенно логичной и кульминационной для тщательной работы, которая была проведена автором на предыдущих этапах. Автор не ограничился только теоретическими результатами, а довел работу до конца – предложил конкретные практические рекомендации для лесного хозяйства и природоохранной деятельности.

Выводы логически вытекают из полученных результатов исследования, хорошо обоснованы и полностью подтверждают теоретические положения, выносимые на защиту.

Личный вклад автора в защищаемую работу очевиден. Вклад автора является определяющим на всех этапах исследования: постановка целей и задач, сбор данных, разработка карт, анализ и обсуждение полученных результатов. Значительная часть полевого материала собрана непосредственно автором в ходе экспедиций. Создание алгоритма на языке Python было выполнено с участием консультанта, что даже подчеркивает ответственный подход диссертанта в выполнение работы.

По тексту диссертации можно сделать некоторые замечания:

1. В разделе «Методы исследования» (глава 3) весьма подробно описаны биоклиматические параметры и их экологическая интерпретация, однако было бы полезно более подробно обсудить ограничения используемого подхода SDM. Автор справедливо отмечает, что реальное распространение определяется множеством факторов (климатическими, топографическими, историческими, биотическими), и результаты SDM корректнее называть «областью потенциального распространения». Однако более развернутое обсуждение того, какие именно факторы не учтены в моделях и как это может влиять на интерпретацию результатов, повысило бы научную ценность работы. На мой взгляд, не очень четко мотивировано использование только климатических факторов. Широкий географический масштаб и разнообразие условий среды не являются ограничением для использования других факторов. Возможно, в качестве фактора

моделирования лиственницы могла бы быть использована мерзлота, а также некоторые из факторов, перечисленных во введении к главе 6. Тем более что прогнозное и ретроспективное моделирования неизбежно связаны с этим фактором.

2. Выбор между фундаментальной и реализованной нишами определяется теми пространственными факторами, которые мы используем в моделировании. А реализованная ниша необязательно может быть только частью фундаментальной. Это пересекающиеся множества (а в исключительных случаях могут быть и непересекающимися).
3. Из текста неясно, использован ли сдвиг (bias) – неравномерность в генерации точек псевдоотсутствия, на необходимость использования сдвига указывает Лисовский в цитируемых работах.

Кроме того, присутствует ряд мелких замечаний.

1. На рис. 10 в легенде упомянут вид «*Pricea ajanensis*», который более нигде не встречается в тексте.
2. С. 34, первый абзац. Все перечисленное – это алгоритмы машинного обучения.
3. С. 34. «При моделировании распространения видов путем SDM» – это тавтология.
4. С. 37. Если вместо биоклиматических переменных используются более продуктивные данные, то и не стоило бы посвящать биоклиматическим столько внимания.
5. С. 39. Метод главных компонент предназначен не для визуализации биоклиматических ниш видов, а для сокращения размерности пространства факторов.
6. С. 40. Хотя смысл и ясен для тех, кто знаком с методом, однако термин «глубина деревьев» по-прежнему режет слух. Так же и с «модель уходит на юг» на с. 51.
7. Подписи на рисунках желательно делать на русском языке и в понятных терминах (например, «contrib», «probability», «presence»).

Перечисленные замечания носят частный характер и не меняют прекрасного впечатления от работы.

Диссертация Татьяны Яковлевны Петренко представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком методическом уровне с применением современных подходов моделирования распространения видов. Полученные данные вносят существенный вклад в фундаментальную науку и имеют большую практическую значимость в плане обеспечения стратегии устойчивого развития лесного хозяйства Дальнего Востока России и сопредельных территорий.

Результаты настоящей работы прекрасно демонстрируют роль серьезных фундаментальных исследований и их значимость для решения важнейших

прикладных задач, имеющих стратегическое значение в обеспечении экологической безопасности и рационального природопользования в условиях глобальных климатических изменений.

Таким образом, несмотря на ряд замечаний, диссертация Татьяны Яковлевны Петренко на соискание ученой степени кандидата биологических наук соответствует пп. 9-11, 13-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» и отвечает современным требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, представляемым на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Автор диссертации, Петренко Татьяна Яковлевна, заслуживает присуждения ей степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.9 – Ботаника.

Официальный оппонент:

Котлов Иван Павлович, к.б.н.

Старший научный сотрудник

лаборатории биогеоценологии им. В.Н. Сукачева

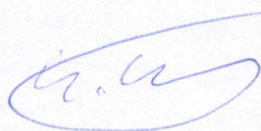
+7 903 973 83 10, ikotlov@sev-in.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук

119071, Москва, Ленинский проспект, 33

+7 495 633-09-22, admin@sevin.ru

 Котлов И.П.

24.10.2025



Подпись Котлова И.П.
Заверяю, зав. канц. ИПЭЭ РАН Т.Н.
" 24 10 2025 г.