

## Отзыв

Официального оппонента на диссертацию Цепордея Ивана Степановича на тему «Биологическая продуктивность двухвойных сосен Евразии: аддитивные модели и биогеография» представленную в диссертационный совет Д 212.281.01 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.03.02 – «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация»

Настоящее исследование посвящено моделированию изменения аддитивной структуры биологической продуктивности двухвойных сосен (подрод *Pinus* L.) Евразии в связи с температурой воздуха и осадками. Соискателем проведены исследования, которые позволили комплексно изучить изменения фитомассы деревьев и древостоев двухвойных сосен в связи с температурой и осадками на территории Евразии на уровне аддитивных регрессионных моделей.

Впервые на примере двухвойных сосен в их евразийском ареале разработана система эмпирического прогнозирования аддитивной структуры фитомассы деревьев и древостоев и относительных её показателей в связи с зимними температурами и среднегодовыми осадками.

Диссертация изложена на 240 страницах, состоит из введения (общая характеристика работы), 5 глав, заключения, списка литературы и 3 приложений. Список использованной литературы включает 258 наименований источников, в том числе 139 на иностранных языках. Текст иллюстрирован 12 таблицами и 19 рисунками.

**Во введении (общая характеристика работы)** показана актуальность, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту. Обоснована достоверность и представлена апробация полученных результатов.

**Первая глава** (стр. 9-36). В первой части главы дана общая характеристика двухвойных сосен в пределах Евразии. Во второй части главы соискателем рассматриваются всеобщие и региональные аллометрические модели для оценки структуры фитомассы деревьев. Сделан вывод, что попытки построения «всеобщих» аллометрических моделей, учитывающих структуру фитомассы деревьев, оказались безуспешными, поскольку их использование в локальных условиях приводит к существенным смещениям.

В третьей и четвертой частях этой главы соискатель выполнил литературный обзор исследований, в которых рассматриваются изменения структуры фитомассы деревьев и древостоев (в частности, двухвойных сосен) в связи с природной зональностью и континентальностью климата. Диссертант отмечает сильные и слабые стороны проведенных ранее исследований.

В пятой части первой главы приводится история изучения относительных (безразмерных) показателей биологической продуктивности насаждений, таких как удельная чистая первичная продукция (УдЧПП), продуктивность ассимиляционного аппарата (ПАА), отношение подземной фитомассы к надземной (ОПН), отношение фитомасс нижнего и древесного ярусов (ОНД). Диссертант указывает на основные неопределенности, которые связаны с изучением названных показателей в зависимости от природной зональности и континентальности климата.

Сделан вывод, что рассмотренные материалы свидетельствуют о большом варьировании результатов моделирования относительных показателей фитомассы деревьев и древостоев по различным эндо- и экзогенным факторам. Результаты их анализа в аспекте биогеографии показывают наличие некоторых общих для всех древесных пород закономерностей, но в то же время имеются взаимно исключающие тренды, объяснения которым на уровне примененных методологий пока не найдено.

В шестой части главы указаны основные преимущества аддитивных моделей в исследованиях влияния климатических параметров на фитомассу древесных растений.

В седьмой части первой главы проведен обширный обзор работ по изучению биологической продуктивности лесов в связи с температурой, осадками и различными климатическими индексами (приведены ссылки на соответствующие публикации). Делается общее заключение по первой главе.

Замечаний по данной главе нет. В качестве недочета можно отметить опечатку на странице 30. В ссылке на работу (Babst et al., 2018) указан 20118 год. Должен стоять 2018 год.

**Во второй главе** (стр. 37-40) дается характеристика используемых соискателем баз данных, которые сформированы совместно с научным руководителем. Сообщается, что в основу статистической обработки данных положен метод эмпирических регрессионных уравнений.

**Замечания.**

1. Отсутствует информации о принципах выбора и методах расчета климатических показателей: среднегодовое количество осадков и средняя температура января.

2. Недостаточно сведений о методах статистической обработки результатов.

**В третьей главе** (стр. 41-56) с целью анализа изменения фитомассы деревьев двухвойных сосен Евразии в зависимости от погодных параметров, построены аддитивные регрессионные модели. Для этого, каждая пробная площадь, на которой было выполнено определение фитомассы деревьев, позиционирована относительно изолиний средней температуры января и относительно изолиний среднегодовых осадков. Составлена матрица исходных данных, в которой значения фитомассы фракций и таксационные показатели деревьев соотнесены с соответствующими значениями средней

температуры января и среднегодовых осадков. Рассчитаны регрессионные уравнения для каждой фракции фитомассы. Путем подстановки регрессионных коэффициентов полученных исходных уравнений в структуру аддитивной модели, представленную по трехшаговой схеме пропорционального взвешивания, получена трансконтинентальная аддитивную модель, описывающую зависимость фракционного состава фитомассы деревьев от средней температуры января и среднегодовых осадков.

Прослеживается закономерность, единая для фитомасс общей, надземной, стволов и корней: в холодных поясах увеличение осадков приводит к снижению фитомассы, а в теплых – к ее увеличению. Соответственно во влагообеспеченных районах повышение температуры вызывает увеличение фитомассы, а в засушливых – ее снижение.

Полученные результаты соискатель сопоставляет с результатами подобных исследований проводимых ранее. Делает заключение, что установленные им закономерности не противоречат закономерностям полученным другими авторами.

Предложенная модель аддитивной структуры фитомассы деревьев дает возможность прогнозировать изменение структуры фитомассы, связанное с одновременным повышением или снижением обоих гидротермических факторов – температуры января и осадков. Соискателем выполнен прогноз изменения биологической продуктивности деревьев двухвойных сосен в зависимости от изменения рассматриваемых климатических показателей. Так, при повышении температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  в холодных и достаточно влагообеспеченных климатических поясах повышение температуры при неизменном количестве осадков вызывает увеличение фитомассы всех фракций, а в теплых климатических поясах с низким уровнем осадков – ее снижение. При увеличении осадков на 100 мм в теплых климатических поясах с низким уровнем осадков (при неизменной средней температуре

января) вызывает увеличение фитомассы всех фракций, а в холодных и достаточно влагообеспеченных климатических поясах – ее снижение.

**Два незначительных замечания:**

1. Взаиморасположение графиков на рисунке 3.4. неодинаково, что снижает качество визуального восприятия полученных результатов.

2. Слово «пропеллерообразный» пишется слитно.

**В четвертой главе** (стр. 57-70) с целью анализа изменения фитомассы древостоев двухвойных сосен Евразии в зависимости от погодных параметров, построены аддитивные регрессионные модели. Согласно этим моделям, фитомасса древостоев, как и деревьев двухвойных сосен, изменяется в климатических градиентах температуры и осадков по одной и той же схеме, подтверждающей ранее выявленные закономерности на локальном и региональном уровнях. Для культур сосны названные закономерности сохраняются, но в абсолютных показателях фитомасса культур выше: общая, корней, стволов, хвои и ветвей соответственно на 16, 11, 18, 2 и 3 %. Как и в предыдущей главе, соискателем выполнен прогноз изменения биологической продуктивности древостоев двухвойных сосен в зависимости от изменения климатических показателей. Для центральной части Европейской России, российского Дальнего Востока и Северо-Восточного Китая, характеризуемых средней температурой января  $-10^{\circ}\text{C}$  и среднегодовыми осадками 500 мм, приведены конкретные значения изменения каждой фракции фитомассы. Так, повышение температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  (при неизменном уровне осадков) вызывает увеличение фитомассы двухвойных сосен в возрасте 100 лет: общей, корней, стволов, хвои и ветвей соответственно на 2.2; 1.8; 2.5; 0.36 и 2.3%, независимо от происхождения древостоев. Повышение осадков на 100 мм (при неизменной средней температуре января) вызывает снижение фитомассы общей, корней, стволов и хвои соответственно на 5.8; 2.3; 6.5 и 0.3% и увеличение фитомассы ветвей на 0.3%.

### **Замечание.**

В этой и в предыдущей главе не хватает графиков (или таблиц) характеризующих степень вариабельности исследуемых показателей фитомассы в зависимости от рассматриваемых климатических переменных.

**В пятой главе** (стр. 71-80) предпринята попытка моделирования изменений относительных показателей фитомассы древостоев (на примере двухвойных сосен) в зависимости от средней температуры января и среднегодовых осадков.

Закономерности, полученные по изменению УдЧПП общей и подземной фитомассы, оказались прямо противоположными тем, что были получены для фитомассы. Так, в холодных поясах увеличение осадков приводит к увеличению УдЧПП, а в теплых поясах – к снижению. Повышение температуры в засушливых условиях вызывает увеличение УдЧПП тех же фракций, а по мере повышения влагообеспеченности ее зависимость от температуры постепенно исчезает. Независимо от уровня осадков зависимость УдЧПП надземной фитомассы и нижнего яруса от температуры выражена колоколообразной кривой.

Установлено, что продуктивность ассимиляционного аппарата (ПАА) изменяется по такой же схеме, что и фитомасса всех фракций древостоя: в холодных климатических поясах увеличение осадков приводит к снижению ПАА, а в теплых – к ее увеличению. Во влагообеспеченных районах повышение температуры вызывает увеличение ПАА, а в засушливых – ее снижение. Полученные результаты согласуются с ранее установленными закономерностями других авторов на локальном и региональном уровнях.

Отношение подземной фитомассы к надземной (ОПН) в зависимости от средней температуры января и среднегодовых осадков изменяется по «пропеллерообразной» схеме. В холодных поясах увеличение осадков приводит к увеличению ОПН, а в теплых – к снижению.

Зависимость отношения массы нижнего яруса к массе древесного яруса (ОНД) от температуры описывается колоколообразной кривой независимо от уровня осадков. ОНД имеет тенденцию возрастания по мере роста осадков, более выраженную в тёплых и менее выраженную в холодных поясах. Для культур сосны названная закономерность сохраняется, но в культурах значение ОНД выше на 3%.

### **Замечания.**

1. Графики на рисунке 5.1 расположены неодинаково (оси абсцисс и ординат меняются местами), что снижает качество визуального восприятия полученных результатов.
2. Диссертант неоднократно указывает, что в зависимости от выбора того или иного климатического показателя могут получаться совершенно иные результаты, однако объяснения (или попыток объяснения) отмеченного факта не приводит.
3. Непонятны критерии выделения нижнего яруса по территории Евразии. Какие фракции фитомассы нижнего яруса были включены в статистический анализ?
4. Отсутствует какая-либо биологическая интерпретация полученных результатов.

**Раздел заключение** (стр. 81-82) концентрирует внимание на полученных итоговых результатах, теоретических и прикладных значениях проделанной диссертационной работы. Отмечается, что разработка подобных моделей для основных лесообразующих пород Евразии даст возможность прогнозировать изменения продуктивности лесного покрова Евразии в связи с изменениями климата. Выводы отражают выполнение поставленных задач.

**Список использованной литературы** (стр. 83-108) оформлен аккуратно согласно действующему ГОСТу. Все указанные в диссертации работы нашли отражение в списке.

**Приложения** (стр. 109-240). **Незначительное замечание** касается отсутствия расшифровки того или иного показателя фракции фитомассы указанных в шапках таблиц (приложение 2 и 3).

### **Общее заключение**

Рецензируемая диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, характеризуется актуальностью и новизной. В работе содержатся решения поставленных соискателем задач, имеющие существенное значение при разработке экологических программ разных уровней, а также при прогнозировании изменения продуктивности лесного покрова Евразии в связи с изменениями климата. Разработанные регрессионные модели, можно квалифицировать как научное достижение в области лесной экологии.

Диссертация соответствует специальности 06.03.02 – «лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация» и требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Её автор, Цепордей Иван Степанович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук.

Отзыв подготовил официальный оппонент: Бергман Игорь Евгеньевич, кандидат сельскохозяйственных наук (научная специальность по которой защищена диссертация: 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация»), старший научный сотрудник ФГБУН «Институт экологии растений и животных УрО РАН»; почтовый адрес – 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 202; телефон: (343) 210-38-58; адрес электронной почты – [5554505@mail.ru](mailto:5554505@mail.ru)



Бергман И.Е.