

## СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ В ТЕРМИНАХ БИОГЕОГРАФИИ

Усольцев В.А.<sup>1,2</sup>, Воронов М.П.<sup>2</sup>, Колчин К.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, РФ  
[usoltsev50@mail.ru](mailto:usoltsev50@mail.ru)

<sup>2</sup>Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, РФ  
[mstrk@yandex.ru](mailto:mstrk@yandex.ru), [kirill\\_-92@mail.ru](mailto:kirill_-92@mail.ru)

**Аннотация:** Впервые с позиций биогеографии рассмотрены закономерности распределения показателей биологической продуктивности лесов Евразии.

Биогеография представляет науку на стыке биологии и географии, которая изучает закономерности распространения и распределения животных, растений и микроорганизмов в географических градиентах. Лесным экосистемам, как поглотителям атмосферного углерода, отводится важная роль в стабилизации климата. Способность лесов изымать из атмосферы углерод и продуцировать органическое вещество является основой их функционирования. В связи с изменением климата необходимы сведения о том, как изменяется биологическая продукция лесов в трансконтинентальных климатических градиентах.

Все современные попытки количественного описания глобального распределения первичной продукции лесного покрова сводятся к её анализу только по широтному градиенту, причем в состоянии, обезличенном по видовому составу, возрасту и морфологии (Huston, Wolverton, 2009), хотя понятие меридиональной зональности растительного покрова, дополняющей широтную зональность, было введено ещё В.Л. Комаровым (1921). Одной из важных характеристик биопродукционного процесса и биологической продуктивности лесной растительности является продуктивность ассимиляционного аппарата (ПАА) (foliage efficiency), определяемая величиной чистой первичной продукции (ЧПП), приходящейся на единицу массы ассимиляционного аппарата, которая до сих пор не исследована на глобальном уровне. Нами предпринята первая попытка выявить закономерности изменения ПАА лесных фитоценозов по основным лесообразующим викарирующим видам (родам) - двухвойные сосны, ель с пихтой, лиственница, берёза, осина с тополями и дуб - в двух климатически обусловленных градиентах Евразии – природной зональности и степени континентальности климата – на основе сформированной базы данных о ЧПП и фитомассе лесов в количестве 2190 определений (Usoltsev, 2013).

Для исследования трансконтинентальных трендов в изменении ПАА лесообразующих видов места закладки пробных площадей по известным координатам позиционированы по зональным поясам (1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 – субтропический, 5 – субэкваториальный) на карте-схеме Евразии (Алисов, Полтараус, 1974) и относительно изоконт на карте-схеме С. П. Хромова (1957). ПАА определяется не только климатическими факторам, но также возрастом и морфологией древостоя. Поэтому в регрессионный анализ наряду с климатическими характеристиками включены возраст и запас древостоя.

После позиционирования пробных площадей по зональным поясам и индексам континентальности выполнен многофакторный регрессионный анализ климатически обусловленной трансконтинентальной ординации стволового запаса и ПАА лесных экосистем согласно системе рекурсивных уравнений:

$$M = f(A, Zon, IC) \rightarrow Z_a/P_f = f(A, M, Zon, IC), \quad (1)$$

где  $Z_a$  – надземная годовая чистая первичная продукция древостоя, т/га;  $P_f$  – масса ассимиляционного аппарата, т/га;  $A$  – возраст древостоя, лет;  $M$  – запас, м<sup>3</sup>/га;  $Zon$  – порядковый номер зонального пояса;  $IC$  – индекс континентальности климата, по Хромову (1957). Результаты расчета регрессионных коэффициентов уравнений (1) опубликованы

ранее, показаны их адекватность и доверительные интервалы (Усольцев, 2016). Путём их табулирования получены возрастные закономерности изменения ЧПП по зональным поясам и для каждого – по индексам континентальности территории в пределах от 35 до 95 %.

Из полученных возрастных трендов взяты значения ПАА в возрасте 50 лет – у мелколиственных и 100 лет у остальных видов и построены соответствующие графики (рисунок 1). Очевидно, что с повышением индекса континентальности ПАА всех видов снижается (см. рисунок 1б). В направлении от северного умеренного до субэкваториального зонального пояса ПАА у листопадных видов снижается, а у вечнозеленых ели с пихтой и сосны в том же диапазоне возрастает. У сосны и ели с пихтой в зональном градиенте (см. рисунок 1а) при переходе от субарктического к северному умеренному поясу ПАА снижается, что, по-видимому, связано с тем, что в этом направлении происходит сдвиг деревьев сосны одного и того же возраста от виргинильной к сенильной стадии онтогенеза (Санников и др. 2012) с соответствующим снижением ПАА. Далее в южном направлении вследствие более высоких зимних температур возрастает зимнее накопление ассимилятов, сопряженное с осенне-зимним опадом хвои, что, по-видимому, определяет тенденцию увеличения ПАА в направлении от умеренного к субэкваториальному поясу.

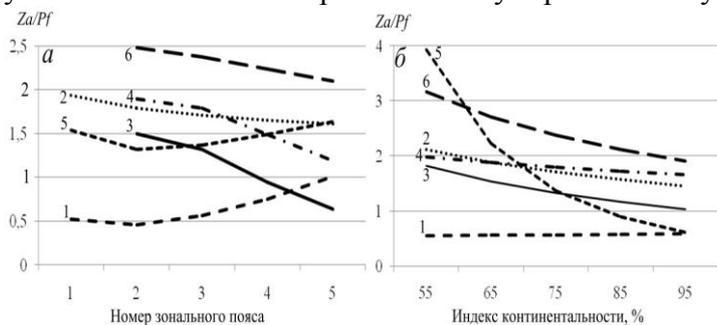


Рисунок 1. Связь расчётных значений ПАА древостоев в возрасте 50 лет в березняках и осинниках и 100 лет в древостоях остальных видов с зональной принадлежностью при индексе континентальности, равном 75 (а), и с индексом континентальности в южном умеренном поясе (б). Обозначения древесных видов: 1 – ель и пихта, 2 – лиственница, 3 – берёза, 4 – дуб, 5 – сосна, 6 – осина и тополи.

Показатели ПАА листопадных лиственницы, дуба, берёзы и осины, во всяком случае, в умеренном поясе, выше, чем у вечнозеленых (см. рисунок 1а), что соответствует известной в физиологии древесных растений повышенной физиологической активности листопадных по сравнению с вечнозелёными (Крамер, Козловский, 1983). Но в зональном градиенте ПАА листопадных в направлении от умеренного к субэкваториальному поясу не возрастает, как у вечнозелёных, а снижается, возможно, за счет всё более высоких затрат на дыхание при более коротком физиологически активном периоде по сравнению с вечнозелёными.

Результаты полезны в менеджменте биосферных функций лесов и могут дать представление о возможных смещениях показателей биологической продуктивности лесов в связи со сдвигами широтной и меридиональной зональности под влиянием изменения климата.

## Литература

- Алисов Б.П., Полтараус Б.В. Климатология. М.: Изд-во МГУ, 1974. 300 с.
- Комаров В.Л. Меридиональная зональность организмов // Дневник I всероссийского съезда русских ботаников в Петрограде. Вып. 3. Петроград, 1921. С. 27-28.
- Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений / пер. с англ. М.: Лесная пром-сть, 1983. 462 с.
- Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В. Очерки по теории лесной популяционной биологии. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 273 с.
- Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов). Екатеринбург: УГЛТУ, 2016. 384 с.
- Хромов С.П. К вопросу о континентальности климата // Известия Всесоюзного географического общества. 1957. № 3. С. 221-225.
- Huston M.A., Wolverton S. The global distribution of net primary production: resolving the paradox // Ecological Monographs. 2009. V. 79. No. 3. P. 343–377.
- Usoltsev V.A. Forest biomass and primary production database for Eurasia. CD-version. The second edition, enlarged and re-harmonized. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3059>).