

DOI: 10.58168/TBiEc2025_83-88

УДК 581.132

**СЕЗОННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА У ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД
РОДА BETULA, POPULUS, PINUS В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

SEASONAL PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY IN TREE SPECIES OF THE
GENUS BETULA, POPULUS, AND PINUS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE
EUROPEAN PART OF RUSSIA

Евлаков П.М., к.б.н., заведующий лабораторией ПЦР анализа НИИ ИТЛК ВГЛТУ, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Рыжкова В.С., младший научный сотрудник лаборатории анализа ПЦР НИИ ИТЛК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Жужукин К.В., к.т.н., старший преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Evlakov P.M., candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of PCR Analysis at the Scientific Research Institute of ITLK VGLTU, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Ryzhkova V.S., junior researcher of the Laboratory of PCR Analysis at the Scientific Research Institute of ITLK VGLTU, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Zhuzhukin K.V., candidate of Technical Sciences, lecturer, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: в данной работе рассматриваются сезонные изменения фотосинтетической продуктивности межсекционного гибрида тополя ‘Э.с.-38’, берёзы повислой ‘Углянчская-1’ и сосны обыкновенной в условиях лесостепной зоны Европейской части России. Исследования проводились на протяжении вегетационного сезона 2024 года, характеризующегося продолжительным дефицитом почвенного увлажнения. Для опытных листовых растений тополя и берёзы был установлен одновершинный характер сезонной динамики фотосинтетической продуктивности., в то время как сосна обыкновенная продемонстрировала высокую устойчивость к засушливым условиям и поддерживала продуктивность в июне и сентябре. Выявлены различные адаптивные механизмы у каждого из видов, что способствует сохранению многокомпонентного растительного сообщества в регионе.

Abstract: this paper examines seasonal changes in photosynthetic productivity of the intersectional hybrid of poplar ‘E.s.-38’, silver birch ‘Uglyanchesкая-1’ and scots pine in the forest-steppe zone of the European part of Russia. The studies were conducted during the 2024 growing season, characterized by a prolonged deficit of soil moisture. A single-peaked nature of the

Keywords: photosynthetic productivity, birch, poplar, scots pine, vegetation period

Вегетационный сезон 2024 года характеризовался аномально ранним началом и продолжительным дефицитом почвенного увлажнения. За исключением июля, в котором выпало значительное количество осадков, и он оказался наиболее благоприятным для фотосинтеза лиственных деревьев, в частности, берёзы повислой.

В ранневесенний период преобладающими лимитирующими факторами являлись резкие температурные колебания воздуха и почвы. Тем не менее, опытными растениями тополя ‘Э.с.-38’ усваивалось достаточно большое количество CO_2 . Значения фотосинтетической продуктивности у растений тополя в апреле были наибольшими за весь вегетационный период и составляли 33,0 моль/м²/день (рисунок 1).

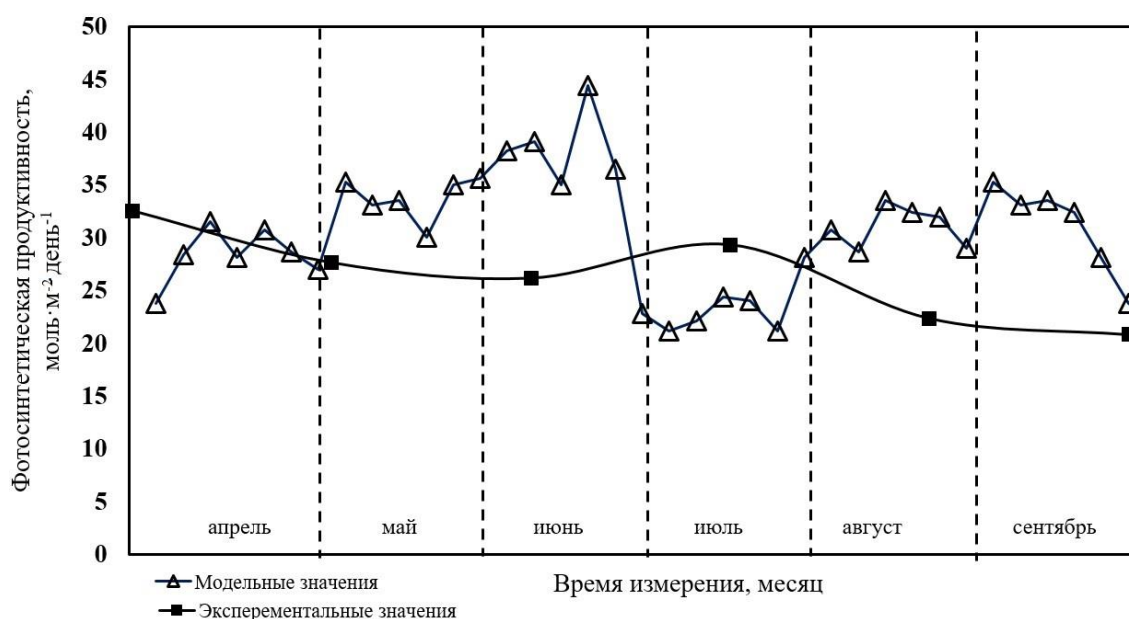


Рисунок 1 – Сезонная фотосинтетическая продуктивность межсекционного гибрида тополя ‘Э.с.-38’

По разнице между рассчитанной (модельной) и реальной фотосинтетической сезонной продуктивностью можно оценить потери фотосинтетической продуктивности опытных лиственных и хвойных пород при неблагоприятном воздействии факторов. На рисунках 1 и 2 показано, что влияние ночных заморозков в начале мая, недостатка влаги в почве (ГТК в мае-июне варьировал от 0,6 до 0,74), а также высокого уровня интенсивности радиации привело к значительным расхождениям сезонных изменений реальной и рассчитанной фотосинтетической продуктивности растений тополя ‘Э.с.-38’ и берёзы повислой ‘Уг.-1’. Так, в мае воздействие внешних факторов понизило продуктивность фотосинтеза растений тополя на 15% относительно рассчитанного максимума, а в июне – на 17%. У растений берёзы депрессия фотосинтеза привела к понижению продуктивности на 17% в мае и на 12% в июне.

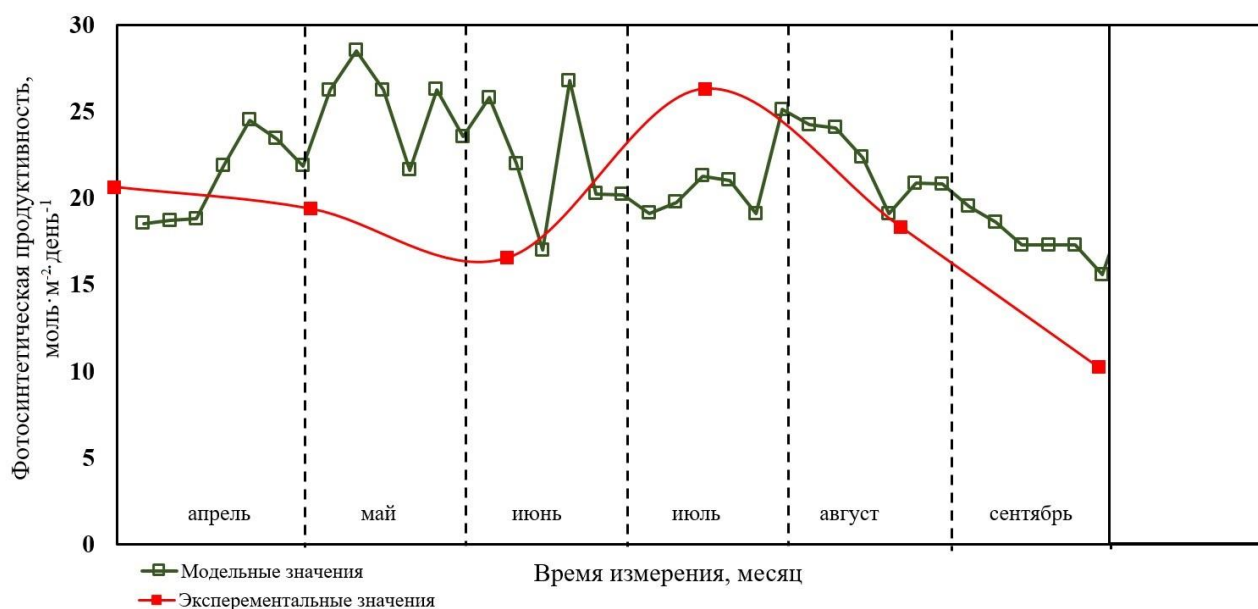


Рисунок 2 – Сезонная фотосинтетическая продуктивность берёзы повислой ‘Уг.-1’

Однако, для фотосинтеза сосны обыкновенной засушливые условия в весенне-летний период оказались наиболее комфортными. Сравнение сезонных изменений экспериментальной и расчётной сезонной продуктивности показало их хорошую сходимость в мае и июне (рисунок 3).

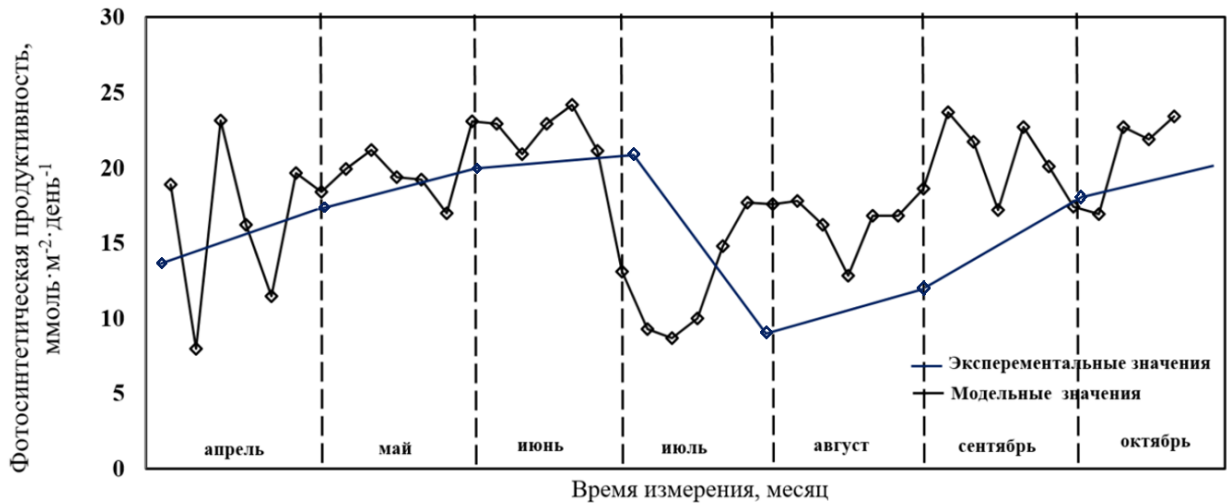


Рисунок 3 – Сезонная фотосинтетическая продуктивность сосны обыкновенной

По данным для условий лесостепного Предбайкалья известно, что при снижении запасов почвенной влаги в верхнем полуметровом слое ниже 30 мм и понижении относительной влажности до 15-20 % преимущество в сохранении стабильного уровня фотосинтетической продуктивности остаётся за сосной [1]. Что касается ночных заморозков в начале весенне-летнего периода, то они не оказывали существенного влияния на ФП растений сосны. В наших исследованиях максимальный уровень реальной фотосинтетической продуктивности у сосны обыкновенной отмечали в конце июня-начале июля.

В летний период наиболее активен фотосинтез травянистых и листопадных видов растений [1]. Так, у берёзы повислой 'Уг.-1' в июле наблюдали максимальные значения реальной фотосинтетической продуктивности (27,5 моль/м²/день), превышающие модельные почти на 19%.

На увеличение фотосинтетической деятельности берёзы повислой благоприятно влияло сочетание оптимальной температуры воздуха и почвы, а также достаточное количество влаги. Значения реальной ФП тополя 'Э.с.-38' в июле превышали рассчитанные модельные значения на 13%. У растений сосны обыкновенной зафиксировали резкий спад фотосинтетической продуктивности в этот период. Аналогичную видоспецифическую реакцию деревьев в условиях умеренной засухи наблюдали также у дуба и ели в условиях экспериментальной экологической станции Били Кржиж, Чешская Республика [2].

В августе высокие температуры и недостаток почвенной влаги приводили к развитию засухи. В ходе наших исследований, мы отмечали отрицательное воздействие сложившихся условий на фотосинтетическую продуктивность лиственных пород. Вероятно, водный стресс, возникающий в результате ограничения поступления воды через корни растений, приводил к снижению водного потенциала ксилемы ствола и побегов [3]. Сосна обыкновенная, напротив, демонстрировала постепенное увеличение фотосинтетической деятельности. Стимулирующий эффект мягких стрессовых условий отмечался также у других видов растений [4, 5].

У всех опытных растений наблюдали расхождение между модельной и реальной фотосинтетической сезонной продуктивностью, значения последней были ниже.

В осенний период снизившийся уровень освещённости снимал перегрев кроны и одновременно понижал фотосинтетическую активность лиственных растений. Эти условия в сочетании с продолжительной засухой определили снижение фотосинтетической продуктивности у опытных растений тополя 'Э.с.-38' и берёзы повислой 'Углянческая-1'. Однако, несмотря на то что для светолюбивой сосны низкий уровень освещённости тоже является лимитирующим фактором, сентябрьская погода была чрезвычайно благоприятной для её фотосинтеза и фотосинтетической продуктивности, которые в этот период значительно увеличились.

В сентябре также наблюдали чёткие различия между экспериментальной и реальной фотосинтетической продуктивностью у всех опытных пород деревьев. Различия потенциально возможной и реальной ассимиляцией были обусловлены участием в работе фотосинтетического аппарата регулирующих механизмов.

Рассмотренные особенности внутрисезонной динамики фотосинтетической продуктивности позволяют сделать вывод, что наименее благоприятными для углеродного питания опытных лиственных пород тополя 'Э.с.-38' и берёзы повислой 'Углянческая-1' оказались условия сухого весенне-летнего и летнего периода, за исключением, июля, в который оптимальное почвенное увлажнение активно использовалось растениями берёзы для достижения высоких значений фотосинтетической продуктивности ($27,5 \text{ моль/м}^2/\text{день}$), и первой декады апреля, в которую значения фотосинтетической продуктивности у растений тополя были наибольшими за весь вегетационный период ($33,0 \text{ моль/м}^2/\text{день}$). Высокий фотосинтетический потенциал сосны выявлялся, напротив, в июне и сентябре.

Таким образом, для опытных лиственных растений тополя и берёзы был установлен одновершинный характер сезонной динамики фотосинтетической продуктивности. Это указывает на то, что максимальные значения фотосинтетической активности у данных видов совпадают с определёнными условиями, что, в свою очередь, обуславливает их повышенную чувствительность к изменениям факторов окружающей среды в межсезонье. В отличие от лиственных пород, у сосны обыкновенной наблюдался двухвершинный характер динамики продуктивности фотосинтеза, что свидетельствует о большей устойчивости и адаптивности этого вида к сезонным изменениям и условиям окружающей среды. Это позволяет сосне поддерживать высокую фотосинтетическую продуктивность в более широком диапазоне времени года.

Поскольку все опытные растения обладают собственными адаптивными механизмами, обеспечивающими их выживание в неблагоприятных условиях, при смене погодных условий в течение вегетационного сезона преимущество для высокого уровня фотосинтеза получают разные виды, что способствует существованию многокомпонентного растительного сообщества на территории экспериментального калибровочного карбонового полигона Воронежской области.

Список литературы

1. Суворова, Г.Г. Фотосинтетическая продуктивность хвойных древостоев Иркутской области / Г.Г. Суворова, Е.В. Попова; отв.ред. Р.К. Салаяев; Рос. Акад. Наук, Сиб. отд-ние, Сиб. ин-т физиол. и биохим. растений. – Новосибирск: Академическое издательство "Гео", 2015. – 95 с.
2. Ofori-Amanfo, K. K. Interactive effect of elevated CO₂ and reduced summer precipitation on photosynthesis is species-specific: the case study with soil-planted Norway spruce and sessile oak in a mountainous forest plot / K. K. Ofori-Amanfo, K. Klem, Veselá, B. [et al.] // *Forests*. – 2020. – Vol. 12. – №. 1. – P. 42 – 50.
3. Khalil, A. A. M. Does xylem ABA control the stomatal behavior of water-stressed sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) / A. A. M. Khalil, J. Grace // *J. Exp. Bot.* – 1993. – Vol. 44. – P. 1127-1134.
4. Drought response of five conifer species under contrasting water availability suggests high vulnerability of Norway spruce and European larch / M. Lévesque, M. Saurer, R. Siegwolf [et al.] // *Glob. Chang. Biol.* – 2013. – Vol. 19. – P. 3184–3199.
5. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species / H. K. Lichtenthaler, A. Ač, M. V. Marek, [et al.] // *Plant Physiol. Biochem.* – 2007. – V. 45. – P. 577–588.

References

1. Suvorova, G.G. Fotosinteticheskaya produktivnost' hvojnyh drevostoev Irkutskoj oblasti / G.G. Suvorova, E.V. Popova; otv.red. R.K. Salyaev; Ros. Akad. Nauk, Sib. otd-nie, Sib. in-t fiziol. i biohim. rastenij. – Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo "Geo", 2015. – 95 s.
2. Ofori-Amanfo, K. K. Interactive effect of elevated CO₂ and reduced summer precipitation on photosynthesis is species-specific: the case study with soil-planted Norway spruce and sessile oak in a mountainous forest plot / K. K. Ofori-Amanfo, K. Klem, Veselá, B. [et al.] // *Forests*. – 2020. – Vol. 12. – №. 1. – P. 42 – 50.
3. Khalil, A. A. M. Does xylem ABA control the stomatal behavior of water-stressed sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) / A. A. M. Khalil, J. Grace // *J. Exp. Bot.* – 1993. – Vol. 44. – P. 1127-1134.
4. Drought response of five conifer species under contrasting water availability suggests high vulnerability of Norway spruce and European larch / M. Lévesque, M. Saurer, R. Siegwolf [et al.] // *Glob. Chang. Biol.* – 2013. – Vol. 19. – P. 3184–3199.
5. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species / H. K. Lichtenthaler, A. Ač, M. V. Marek, [et al.] // *Plant Physiol. Biochem.* – 2007. – V. 45. – P. 577–588.