

## Минеральное питание и биологическая продуктивность сосны обыкновенной в древостоях разных бонитетов на уровне организма в онтогенезе в Центральном Черноземье

*Е.В. Лебедев, к.б.н., Нижегородская ГСХА*

Эффективное управление ростовыми процессами фитоценозов невозможно без учёта количественных данных фотосинтеза, минеральной и биологической продуктивности растений в разных условиях. Такие данные у древостоев сосны на уровне организма в онтогенезе в литературе практически отсутствуют. Фитомасса растений определяется, как правило, на модельных деревьях при фракционировании надземной части и корней без учёта их физиологии. С публикацией В.А. Усольцевым таблиц фитомассы древостоев стало возможным проведение их физиологического анализа с привлечением данных микрополевых опытов [1] и климатических условий произрастания [2].

В задачу работы входило путём комплексного физиологического анализа таксационных таблиц [3] получить количественные данные на уровне организма чистой продуктивности фотосинтеза, минеральной и биологической продуктивности, депонирования углерода и их взаимосвязи в онтогенезе в древостоях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Ia-IV бонитетов Центрально-Чернозёмного района.

**Материалы и методы.** Физиологическому анализу подвергли таксационные данные сосняков ЦЧР (на примере Тамбовской области) [3] бонитетов: Ia ( $D_2$  – свежая дубрава), I ( $B_3$  – влажная суборь), II ( $A_2$  – свежий бор), III ( $A_1$  – сухой бор) и IV ( $A_0$  – очень сухой бор). Возрастной период в Ia-II бонитетах – 10-120 лет (интервал 10, а после 40 лет – 20 лет), а в III-IV бонитетах – 20-120 лет

с тем же интервалом. Безморозный период – 140 дн., осадки – 550 мм/год, климат умеренно континентальный. Почва – обыкновенный чернозём.

Массу корней, хвои, стволов и сучьев пересчитывали по возрастам на одно растение. В разновозрастных древостоях брали пробы хвои, ветвей, древесины с корой и корней, группировали по органам и определяли содержание N, P, K, Ca и Mg общепринятыми методами. Поверхность хвои определяли по вычисленным нами коэффициентам [1], а чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) – за каждый сравниваемый период – в  $г/м^2$  день [4]. Для расчёта активной поверхности корней всего растения применяли данные модельных микрополевых опытов с 1- и 2-летними растениями на дерново-подзолистой и серой лесной почвах [1]. В силу высокого постоянства морфологии активных корней в пределах растения (диаметра, длины активного корня, удельной активной поверхности корневой системы (УАПКС) и длины корней в единице массы корневой пряди диаметром 2–3 мм), для расчёта активной поверхности корней растения применяли средние УАПКС и длину активных корней в единице массы пряди –  $3,5 см^2/м$  и  $21 м/г$  соответственно. На 1 г сухой массы пряди приходилось  $73,5 см^2$  активной поверхности корней [1]. Отношение корневого потенциала (КП) к фотосинтетическому (ФП) в наших опытах было в среднем 0,20, т.е. 1  $м^2$  поверхности корней обслуживал  $5,0 м^2$  хвои [1]. Используя средние отношения поверхности активных корней к поверхности хвои, полученные в модельных опытах, определяли поверхность ак-

тивных корней всего растения и долю их в массе корней в каждом возрасте. По полученным данным, активная часть корневой системы не превышала 3% от массы корней растения. Вычисленные размеры КП в каждом возрасте позволяют определить минеральную продуктивность (МП) [5].

Содержание элементов в единице биомассы дерева в каждом сравниваемом периоде определено с учётом соотношения органов. Депонирование углерода на 1 га рассчитывали умножением количества углерода, накопленного 1 м<sup>2</sup> поверхности хвои за вегетацию, на усреднённую поверхность хвои растений на 1 га в сравниваемых периодах [6].

Биологическую продуктивность (БП) находили по относительному росту исходной массы растения в сравниваемых периодах. Так как возрастной интервал между таксационными измерениями после 60 лет вырос с 10 до 20 лет, то БП находили за год для каждого периода.

Под листовым (ЛИ) и корневым (КИ) индексами понимали поверхности хвои и активных корней, приходящихся на площадь питания растения. Полученные результаты обрабатывали корреляционным и регрессионным методами анализа.

**Результаты исследований.** Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), биологическая продуктивность (БП), депонирование углерода (ДУ), минеральная продуктивность (МП) по N в зависимости от бонитета с возрастом снизились в 3,9–6,2, в 3,9–7,9, в 3,0–4,2 и в 10,3–15,1 раза соответственно (рис. 1а-г).

Связи ЧПФ, БП, ДУ и МП по N с возрастом по всем бонитетам были обратными (от -0,980 и до -0,992, от -0,794 до -0,969 и от -0,597 и до -0,934 и от -0,952 до -0,997 соответственно). Для удобства анализа ЧПФ, БП, МП (по N) и отношение корневого потенциала к фотосинтетическому (КП/ФП) приведены в процентах от максимальных значений (рис. 2).

Физиологические показатели сравнивали с поглощением N – ведущего элемента питания. Связь МП по N с ЧПФ была высокой (от 0,956 до 0,981). Падение МП и ЧПФ с возрастом сказалось на БП (связь МП по N с БП – высокая положительная – от 0,989 до 0,993). С возрастом, независимо от бонитета, снижалась функциональная связь корневой системы с листовым аппаратом и единица поверхности корней обслуживала всё меньшую поверхность хвои. Связь КП/ФП с возрастом была высокой положительной (от 0,988 до 0,995), а с поглощением корнями N – высокой отрицательной (от -0,901 до -0,961 в зависимости от бонитета). Связи КП/ФП с БП и ЧПФ также были обратными (от -0,834 до -0,922 и от -0,966 до -0,996 соответственно).

С возрастом у растений всех бонитетов росла нехватка минеральных элементов, адаптивной реакцией на которую явилось увеличение поверхности корней относительно хвои. Так как большинство растворённых элементов движется к корню благодаря диффузии (лимитирующей скоростью поглощения), а не за счёт транспирации [8], то при низких

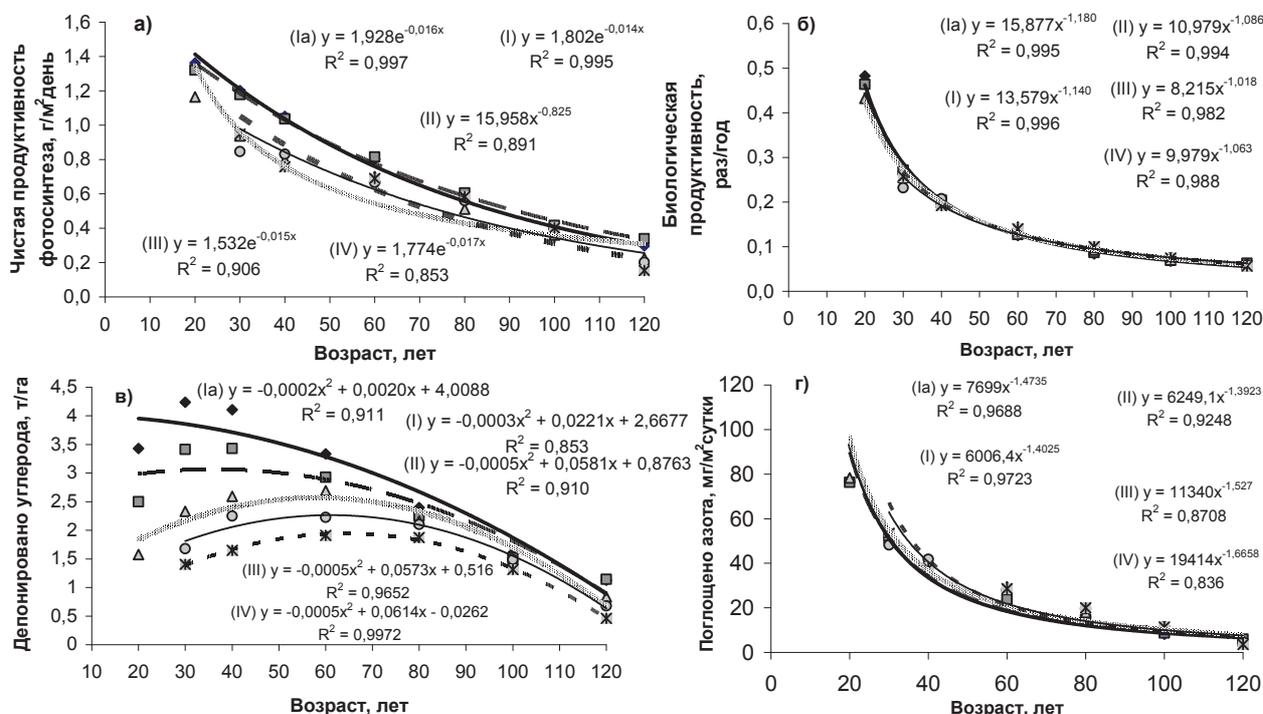
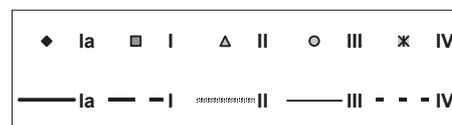


Рис. 1 – Чистая продуктивность фотосинтеза, биологическая продуктивность и депонирование углерода у сосны обыкновенной в насаждениях различных бонитетов в онтогенезе в Центральном Черноземье



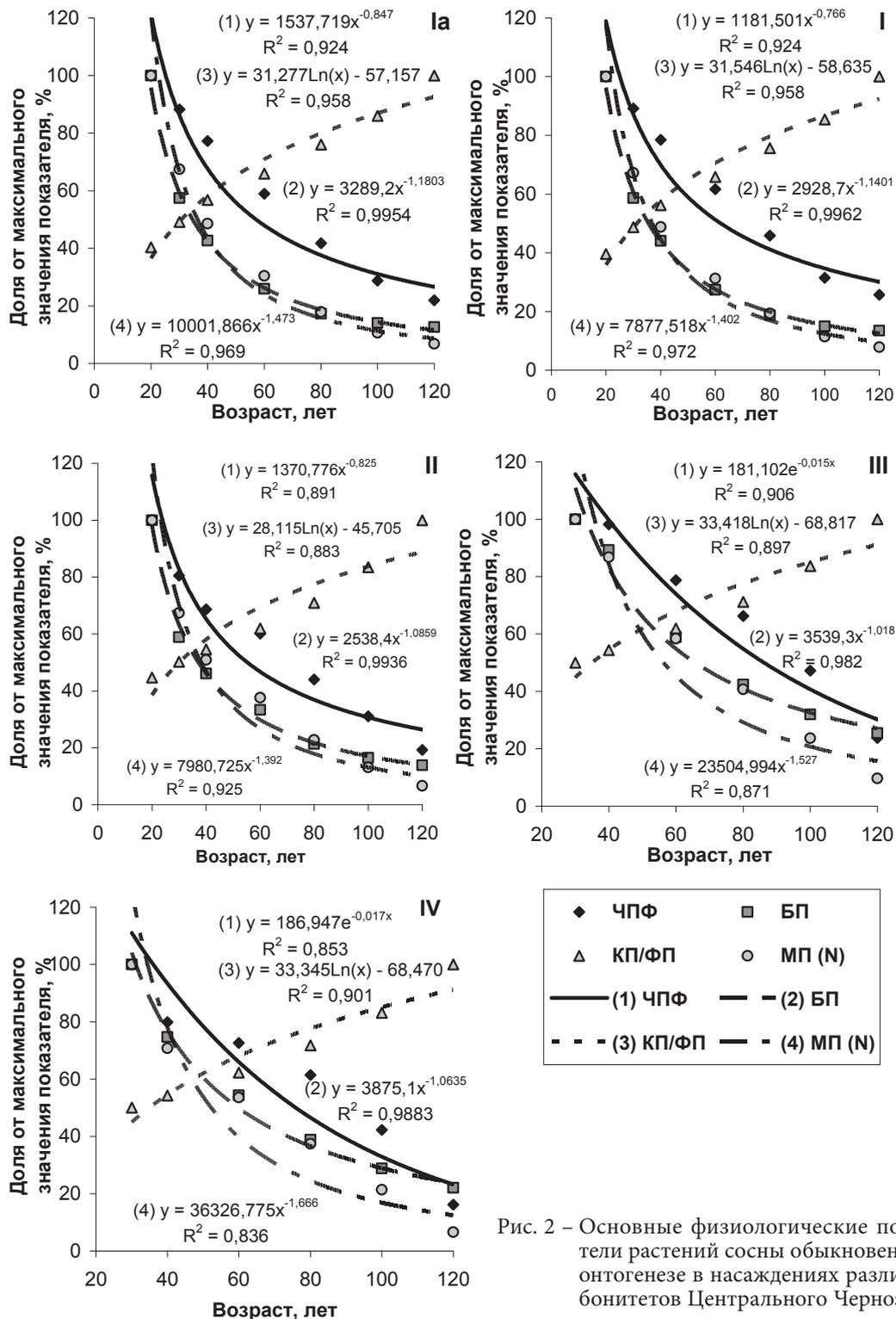


Рис. 2 – Основные физиологические показатели растений сосны обыкновенной в онтогенезе в насаждениях различных бонитетов Центрального Черноземья

их концентрациях и скоростях диффузии растения не могли существенно усилить МП и наращивали поверхность корней относительно хвои с целью роста подачи элементов в надземные органы. За счёт такой регуляции падение БП с возрастом замедлялось и относительно стабилизировалось (рис. 1, 2). Все физиологические показатели и их взаимосвязи в онтогенезе в сравнении с поглощением P, K, Ca и Mg изменялись аналогично таковым по азоту. Такую же закономерность мы наблюдали

в сосняках Тверской и Ярославской областей в том же возрастном диапазоне на дерново-подзолистых почвах [7].

С ростом нехватки элементов в онтогенезе растения всех бонитетов постоянно повышали корневой индекс (в худших условиях – сильнее), так как стремились поддержать фотосинтез на жизненно необходимом уровне (рис. 3). Так, в сосняках Ia и IV бонитета рост КИ с 20 до 120 лет составил 2,8 и 6,3 раза соответственно. Листовой индекс (ЛИ)

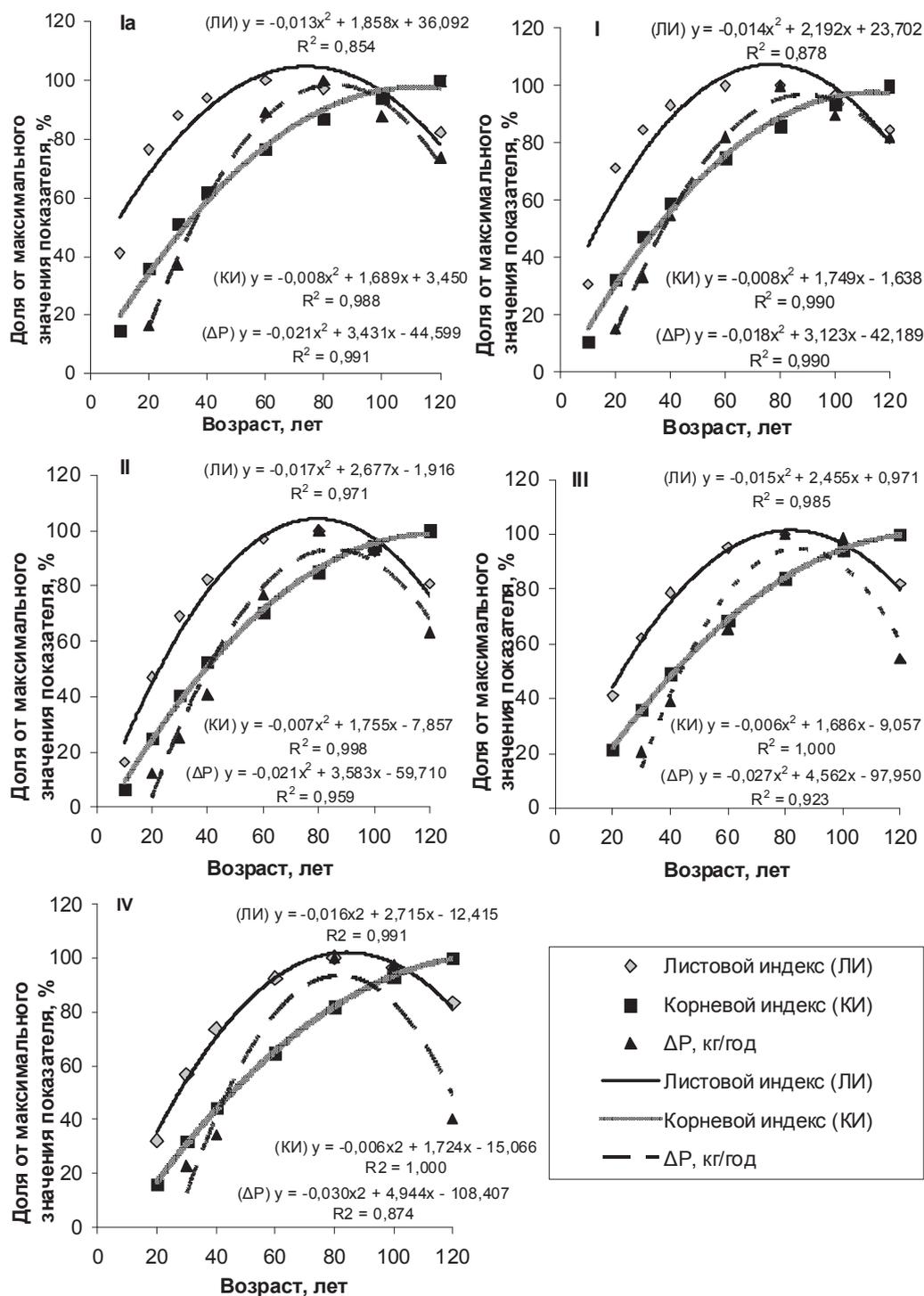


Рис. 3 – Чистая продуктивность фотосинтеза, биологическая продуктивность и депонирование углерода у сосны обыкновенной в насаждениях различных бонитетов в онтогенезе в Центральном Черноземье

насаждений Ia и IV бонитетов различался в 2,36 раза. В лучших условиях ЛИ был максимальным в 60–80 лет, а в худших – в 80–100 лет. Максимум годичного прироста сухой массы растения ( $\Delta P$ ) был в 80 лет и в Ia и IV бонитетах и различался в 5,2 раза. В лучших условиях кривая  $\Delta P$  была более сглаженной и быстрее падала в низких бонитетах, что в 120 лет привело к разнице сухой массы в Ia и IV бонитетах в 6,4 раза. Связь ЛИ с  $\Delta P$  была положительной и росла от средней (0,645) в Ia

до высокой (0,925) в IV бонитете. Более низкая корреляция в лучших условиях объясняется более ранним повышением ЛИ, чем в II–IV бонитетах.

**Выводы.** 1. Комплексным физиологическим анализом таксационных данных фитомасс древостоев сосны обыкновенной Ia – IV бонитетов Центрального Черноземья получены количественные данные ЧПФ, МП, БП и ДУ на уровне организма в онтогенезе (от 10–20 до 120 лет). В древостоях всех бонитетов с возрастом падали МП, ЧПФ и

БП. С ухудшением бонитета значения ЧПФ, БП, ДУ и МП (по N) снизились в 1,6–2,2, в 1,1–2,1, в 2,2–2,5 и в 1,6–1,7 раза соответственно. Биологическая продуктивность была тесно связана с МП ( $r =$  от 0,985 до 0,995).

2. Установлен характер функциональной связи активной части корневой системы и листового аппарата. Рост поверхности корней относительно хвои (КП/ФП) с возрастом – адаптивная неспецифическая реакция на рост дефицита элементов, направленная на улучшение питания надземной части растения для поддержания фотосинтеза на жизненно необходимом уровне и относительной стабилизации БП в сосняках всех бонитетов. Корневой индекс увеличивался с ухудшением бонитета и имел тенденцию к постоянному росту. Максимальный листовой индекс в лучших условиях был в 60–80, а в худших в 80–100 лет. Абсолютные массы растений бонитетов Ia и IV в 120 лет различались в 6,4 раза.

3. Предложенный балансовый способ комплексного физиологического анализа таксационных таблиц фитомассы древостоев может стимулиро-

вать расширение исследований по физиологии и экологии древесных растений и быть полезным при разработке технологических приёмов, повышающих биологическую продуктивность пород.

### Литература

1. Лебедев Е.В. Возможности повышения биологической продуктивности лесообразующих пород в условиях экологического потенциала Нижегородской области: дисс. ... канд. биол. наук. Н. Новгород, 2003. 193 с.
2. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 203 с.
3. Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 570 с.
4. Ничипорович А.А. О методах учёта и изучения фотосинтеза как фактора урожайности // Труды ИФР АН СССР. 1955. Т. 10. С. 210–249.
5. Лебедев В.М. Определение активной поверхности и минеральной продуктивности корневой системы плодовых и ягодных культур // Методика исследования и вариационная статистика в научном плодоводстве: сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. 25–26 марта 1998 г. Мичуринск: МГСХА, 1998. Т. 2. С. 39–42.
6. Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Кузин С.Н. Углеродный цикл в еловых экосистемах северной тайги // Экология. 2006. № 1. С. 23–31.
7. Лебедев В.М., Лебедев Е.В. Биологическая продуктивность и поглотительная деятельность корней хвойных пород в онтогенезе в зоне южной тайги России // Агрохимия. 2012. № 8. С. 9–17.
8. Nye P.H., Tinker P.V. Solute movement in the soil – root system // Berkeley. Calif. Univ. California press., 1977. 342 p.