

Количественные показатели взаимодействия корневой системы и листового аппарата у древостоев сосны обыкновенной на уровне организма в онтогенезе в условиях южной тайги и смешанных лесов России

Е.В. Лебедев, к.б.н., ФГБОУ ВПО Нижегородская ГСХА

Продуктивность дерева является интегральным результатом работы его листового аппарата и корневой системы. Изучение закономерностей продуцирования фитомассы не будет полным без знания количественных данных фотосинтеза и минерального питания на уровне организма. Долгое время эти процессы изучались отдельно, а во взаимосвязи — лишь на сеянцах из-за весьма сложной постановки эксперимента на больших деревьях. Но с публикацией В.А. Усольцевым таблиц фитомассы древостоев (с распределением сухих масс

по органам растений) стало возможным преобразование таксационных данных в физиологические с учётом климатических данных и детально изученных закономерностей фотосинтеза и минерального питания в модельных опытах на уровне организма [1–4]. **Целью** работы было получение количественных данных чистой продуктивности фотосинтеза, минеральной и биологической продуктивности и депонирования углерода растениями сосны обыкновенной на уровне организма в онтогенезе путём физиологического преобразования таксационных таблиц модальных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Ia-V бони-

тетов [1] в зонах южной тайги и смешанных лесов Европейской России.

Материалы и методы. Физиологическому анализу подвергли таксационные данные модальных сосняков (*P. sylvestris* L.) южной тайги и смешанных лесов Европейской России Ia-V бонитетов [1]. Возрастной период — 20–130 лет с интервалом 10 лет. Безморозный период — 130 дней, осадки — 500 мм/год. Почвы дерново-подзолистые. Климат умеренно континентальный. Сухую массу одного растения в каждом возрасте определяли с учётом масс корней, хвои, стволов и сучьев. 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 [5]. На 1 г сухой хвои приходилось 90 см² поверхности. Чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) определяли по методу А.А. Ничипоровича [6]. Активную поверхность корневой системы на уровне организма определяли с учётом высокого постоянства их морфологии 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), а также отношение корневого потенциала (КП) к фотосинтетическому (ФП) [3]. Для расчёта активной поверхности корней растения и вычисления минеральной продуктивности корневой системы на уровне организма применяли значения УАПКС, длины активных корней в единице массы пряди и активной поверхности корней, приходящейся на 1 г сухой массы пряди, которые составили: 3,5 см²/м, 21 м/г и 73,5 см²/г соответственно [5]. Содержание элементов в единице биомассы растения в каждом возрастном периоде определено с учётом соотношения органов. Депонирование углерода (ДУ) на 1 га рассчитывали умножением количества углерода, накопленного 1 м² поверхности хвои за вегетацию, на усреднённую поверхность хвои растений на 1 га у сравниваемых периодов. Биологическую продуктивность (БП) находили по относительному росту исходной массы растения в сравниваемых периодах. Под листовым (ЛИ) и корневым (КИ) индексами понимали поверхность хвои и активных корней, приходящихся на площадь питания растения и выражали в м²/м². Чистую первичную продукцию (ЧПП) рассчитывали умножением величины ЧПФ на число дней вегетации и на значение ЛИ и выражали в граммах на 1 м² площади питания дерева. Полученные результаты обрабатывали корреляционным и регрессионным методами анализа.

Результаты исследования. С возрастом во всех бонитетах падали ЧПФ, БП, ДУ, ЧПП и МП по N соответственно в 1,60–2,34, в 2,36–3,19, в 1,71–2,86, в 1,72–2,52 и в 9,76–12,35 раза (рис. 1а–д), а связь показателей с возрастом была

высокая обратная (от -0,792 до -0,997, от -0,805 до -0,861, от -0,876 до -0,996, от -0,846 до -0,996 и от -0,863 до -0,882 соответственно). Аналогично азоту падало и поглощение P, K, Ca и Mg. Самые высокие значения ЧПФ, ДУ и ЧПП были в бонитете Ia, а с ухудшением условий снижались. Локальный рост ЧПФ в 40–60 лет объясняется сильным снижением густоты растений (особенно в III–V бонитетах) в результате формирования более активного фотосинтетического аппарата при улучшении освещённости [7]. Биологическая продуктивность растений и поглощение корнями азота в этих условиях были повышенными. Объяснением этому может служить то, что в худших условиях при значительном начальном загущении растения из-за внутривидовой конкуренции формировали компактную корневую систему. Повышение же ЧПФ при прореживании усиливало рост растений, что и способствовало активизации деятельности корневой системы для поддержания ростовых процессов. Именно поэтому в худших условиях поддерживалось повышенное поглощение азота в расчёте на единицу поверхности активного корня, а БП оказывалась выше при более интенсивном разреживании древостоя (в худших условиях), а разница достигала 1,4 раза. Но абсолютный прирост сухой массы растения (ΔP), наоборот, рос с улучшением условий с V до Ia бонитета (в 2,5 раза).

Для упрощения сравнения показатели ЧПФ, БП, МП (по N) и отношение КП/ФП показаны в процентах от максимальных значений (рис. 2). С возрастом единица активной поверхности корней обслуживала всё меньшую поверхность хвои (от 3,4 до 46,8 м²), т.е. функциональная связь корневой системы с листовым аппаратом снижалась, а корреляция КП/ФП с возрастом была высокая положительная (от 0,980 до 0,994), а с МП — высокая отрицательная (от -0,947 до -0,911), с ЧПФ — средняя и высокая отрицательная (от -0,728 до -0,978), а с БП — высокая отрицательная (от -0,894 до -0,915). Связь МП с возрастом была высокой отрицательной (от -0,882 до -0,863), с ЧПФ — варьировала от слабой до высокой положительной (от 0,390 до 0,862), а с БП — высокой положительной (от 0,993 до 0,999). Все физиологические показатели и их взаимосвязи в онтогенезе в сравнении с поглощением P, K, Ca и Mg изменялись аналогично таковым по азоту. В насаждениях Ia-V бонитетов с возрастом рос дефицит минеральных элементов в почве, что запускало адаптивную реакцию — увеличение активной поверхности корней относительно хвои для усиления пула элементов для поддержания ЧПФ на жизненно необходимом уровне. Аналогичная закономерность наблюдалась нами в онтогенезе у сосны обыкновенной и лиственницы сибирской [3, 5, 8]. В процессе онтогенеза КИ постоянно увеличивался от 3,86 (Ia) до 7,47 (V) раза, а ЛИ в зависимости от бонитета — в 1,19–1,26 раза (рис. 3). Рост КИ замедлялся к

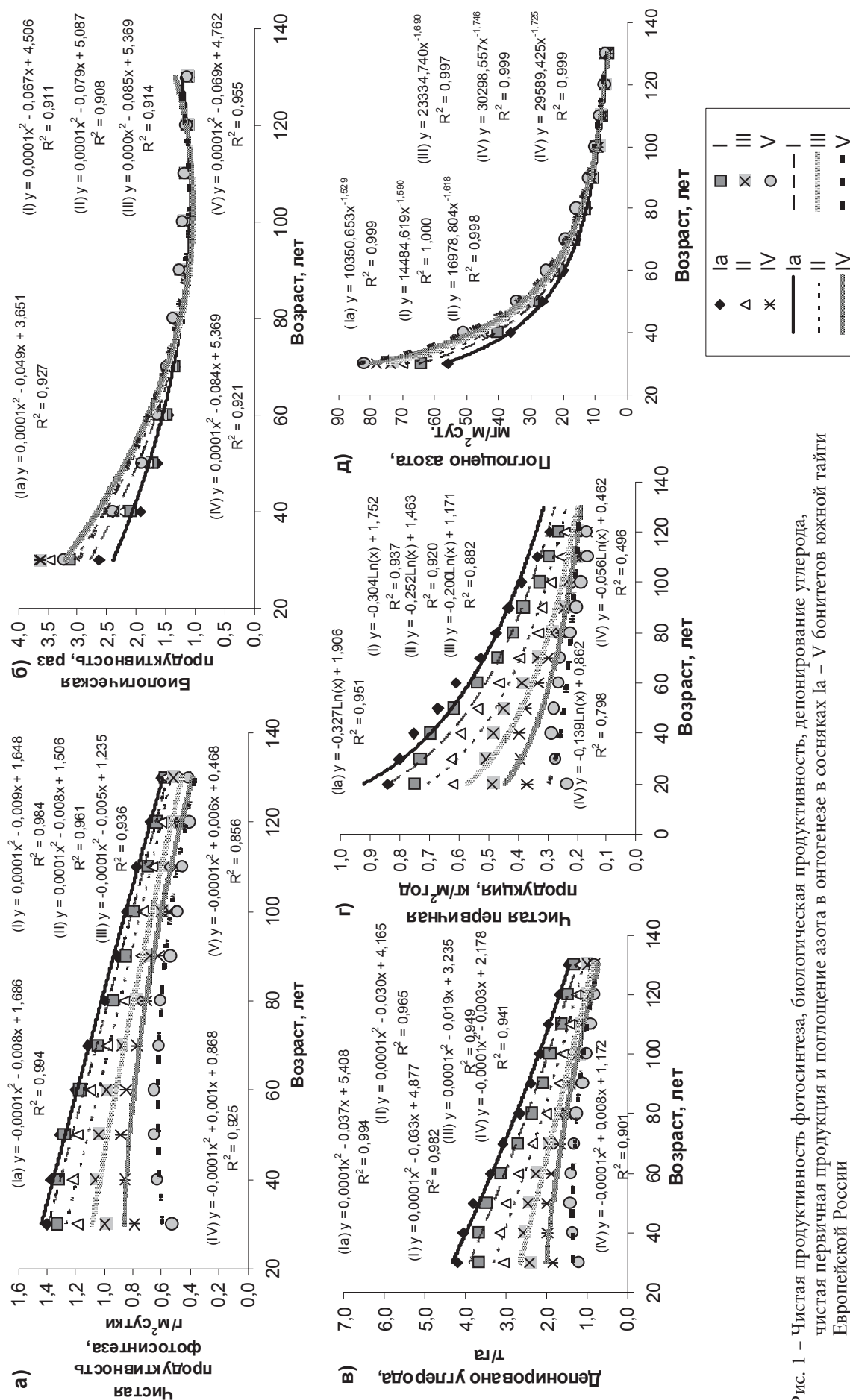


Рис. 1 – Чистая продуктивность фотосинтеза, биологическая продуктивность, денитрификация, депонирование углерода, чистая первичная продукция и поглощение азота в онтогенезе в сосняках Ia – V бонитетов южной тайги Европейской России

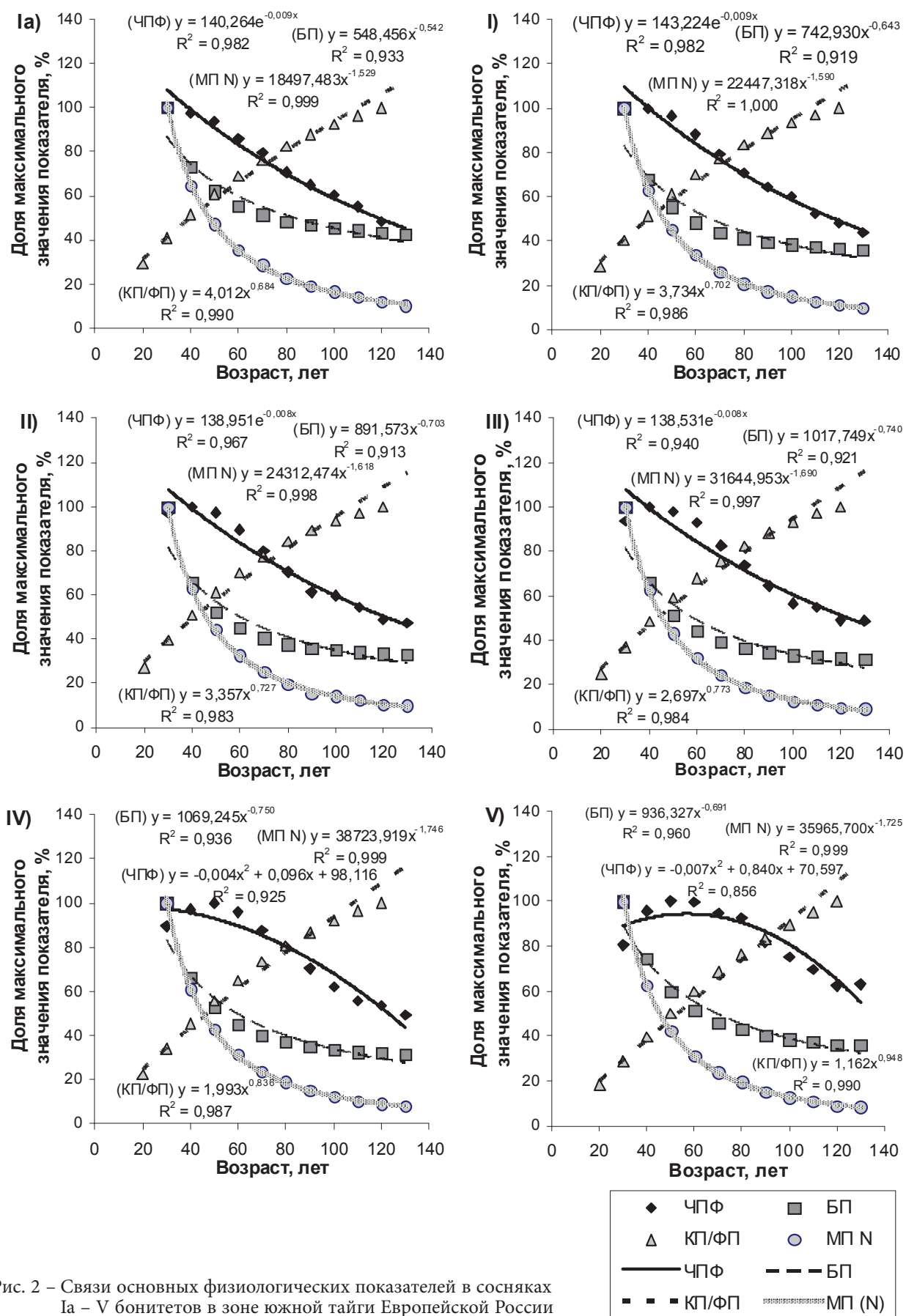


Рис. 2 – Связи основных физиологических показателей в сосняках Ia – V бонитетов в зоне южной тайги Европейской России

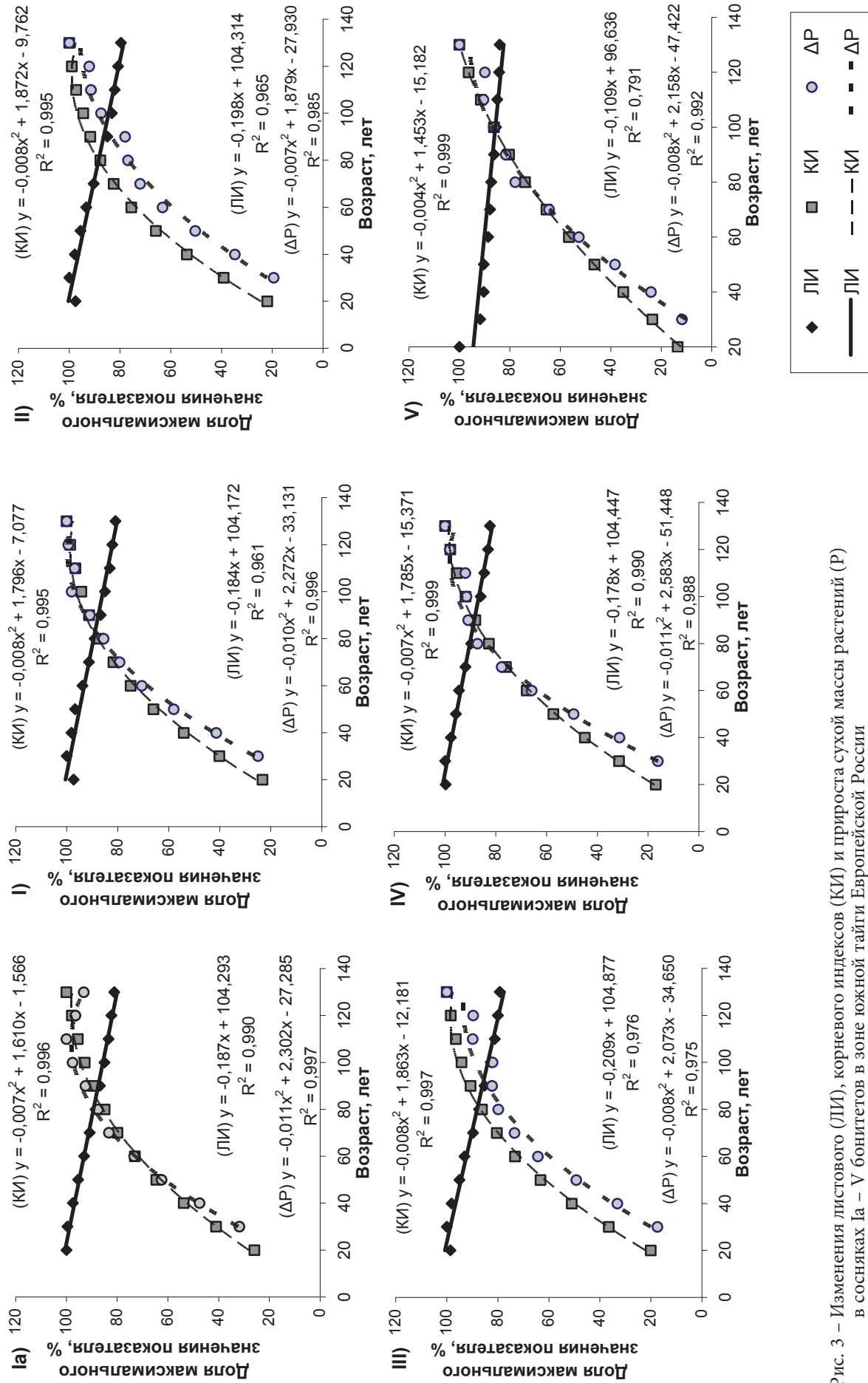


Рис. 3 – Изменения листового (ЛИ), корневого индексов (КИ) и прироста сухой массы растений (Р) в сосняках Ia – V бонитетов в зоне южной тайги Европейской России

110–120 годам в Ia–II бонитетах. Прирост сухой массы (ΔP) и КИ росли с возрастом (от 3,14 в Ia и до 7,71 в V боните). Связь ΔP и КИ с возрастом была высокой положительной во всех условиях (от 0,935 до 0,986 и от 0,899 до 0,963 соответственно), а связь ЛИ с возрастом – высокой отрицательной (от -0,890 до -0,995).

Выводы: 1. Путём физиологического преобразования таксационных таблиц модальных сосняков Ia – V бонитетов южной тайги смешанных лесов Европейской России получены количественные показатели ЧПФ, БП, ДУ, ЧПП (на площадь питания) и МП на уровне организма и выявлено их снижение с возрастом соответственно в 1,60–2,34, в 2,36–3,19, в 1,71–2,86, в 1,72–2,52 и в 9,76–12,35 раза. Связь приведённых показателей с возрастом была высокая отрицательная.

2. Значения ЧПФ, ДУ и ЧПП были выше в древостоях Ia бонитета, а в худших условиях – снижались. Поглощение же азота и значение БП с ухудшением условий росло, так как при большей начальной густоте в худших условиях более сильное разреживание с возрастом ускоряло относительный темп роста биомассы, а растения, сформировавшие более компактные корневые системы, были вынуждены повышать МП для поддержания фотосинтеза. Абсолютный же прирост сухой массы (ΔP), наоборот, рос с улучшением условий с V до Ia бонитета (в 2,5 раза). Рост ΔP продолжался до 140 лет во всех бонитетах.

3. При снижении запаса элементов в почве с возрастом растения всех бонитетов сдвигали баланс поверхностей питания в сторону увеличения КП относительно ФП, что позволило им повысить общий пул подачи поглощаемых элементов в надземные органы для поддержания жизненно необходимого фотосинтеза и стабилизации БП в онтогенезе. Это подтверждено значительным ростом КП и КИ и существенным снижением ЛИ в онтогенезе.

Литература

1. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 763 с.
2. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 203 с.
3. Лебедев В.М., Лебедев Е.В. Взаимосвязь биологической продуктивности и поглотительной деятельности корней хвойных пород в онтогенезе в зоне южной тайги России // *Агрохимия*. 2012. № 8. С. 9–17.
4. Лебедев Е.В. Количественные показатели чистой продуктивности фотосинтеза, минерального питания и биологической продуктивности лиственницы сибирской в онтогенезе в зоне Южного Алтая // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012. № 12. С. 61–66.
5. Лебедев В.М., Лебедев Е.В. Минеральное питание и биологическая продуктивность сосны обыкновенной в онтогенезе в условиях Северной Евразии // *Агрохимия*. 2013. № 10. С. 20–29.
6. Ничипорович А.А. О методах учёта и изучения фотосинтеза как фактора урожайности // *Труды ИФР АН СССР*. 1955. Т. 10. С. 210–249.
7. Лебедев Е.В. Влияние густоты насаждения на минеральное питание и биологическую продуктивность ели европейской в её онтогенезе // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2012. № 6. С. 34–38.
8. Лебедев Е.В. Влияние типа лесорастительных условий на поглотительную деятельность корневой системы и биологическую продуктивность лиственницы сибирской на уровне организма в онтогенезе // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2013. Вып. 1. С. 68–74.