

УДК 581.1 + 630*161

М.Г. Романовский, А.И. Федорова, О.В. Абиссаломова

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЛИСТОВОЙ ПОЛОГ НАГОРНЫХ ДУБРАВ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Двигатель углеродного цикла и продукционного процесса в подавляющем большинстве наземных экосистем – листва высших растений. В продуцировании лесостепных экосистем на водоразделах равнин европейской России роль мохообразных, лишайников и водорослей ничтожна [22, 26]. Исключение составляют редкие корковые солонцы. Поглощая свет, листья преобразуют его энергию в энергию химических связей углерода (фотосинтез) и фазового перехода воды из жидкого в парообразное состояние (транспирация). Величины транспирации и первичной ассимиляции углерода при фотосинтезе взаимно пропорциональны [13, 26]. Эффективность поглощения солнечного света листовым пологом непосредственно отражается в продуктивности фитоценоза [14].

Мощность листового опада экосистемы можно оценить по массе или по площади листвы, отнесенной к площади подстилающей земной поверхности. Каждая из этих характеристик имеет свои недостатки и свои сложности в измерении. Однако в лесах одной формации поверхностная плотность массы листового полога ($\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$) и суммарной площади листвы фитоценоза ($\text{м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$) хорошо согласуются друг с другом, а также с хлорофилльным индексом, который следует признать самой универсальной характеристикой мощности фитоценозов [7, 23].

Определение этих показателей в натуре трудоемко [7, 20, 21]. Расчет средних характеристик листового полога фитоценоза по выборочным данным (пробные площади, модельные деревья, ветви, побеги, отдельные листья и т.п.) неизбежно связан с потерей точности первичных измерений. Высокий уровень про-

странственного варьирования всех показателей обесценивает точность локальных определений.

Исследования параметров листового полога лесных фитоценозов ведутся давно [10, 20-22], но для России данные немногочисленны. В Теллермановском опытном лесничестве (ТОЛ) Института лесоведения РАН, типичном массиве широколиственных лесов южной лесостепи, массу и поверхность листового полога определяли А.А. Молчанов, В.Н. Мина (нагорные дубравы), В.В. Смирнов (осинники), О.С. Ватковский (солонцовые дубравы), Н.С. Боханова (пойменные дубравы), Чжан Ши-Цзюй (ясенники, ясене-дубравы). Полученные характеристики «эталонных» насаждений составляют систему опорных точек для последующих исследований [2-5, 11, 16, 17-19].

Многолетние наблюдения за листовым опадом в ТОЛ (под руководством А.А. Молчанова, а затем П.И. Быстрянцева) выявили значительную изменчивость массы и поверхности листьев по годам. Аналогичные результаты были получены при длительных наблюдениях в других лесорастительных зонах нашей страны и за рубежом [25, 27]. В ТОЛ О.С. Ватковский и П.И. Быстрянец [6] обнаружили тесную корреляцию, возможно, специфическую для суглинистых водоразделов южной лесостепи, плотности листового полога с увлажнением предыдущих 2-3 лет. В периоды многолетних засух масса листвы и листовой индекс (LAI) лесостепного широколиственного леса сокращаются почти в 2 раза.

Листовой индекс фитоценозов меняется также в связи с изменениями сомкнутости и облиствления древесного яруса под влиянием

Продуктивность и листовой полог нагорных дубрав южной лесостепи

лесохозяйственной деятельности человека, после дефолиаций филлофагами, усыханий и др. В результате появляются выделы «расстроенного» леса, которые, несмотря на разрастание подчиненных ярусов, визуальнo характеризуются меньшими значениями *LAI*. Подчиненные ярусы фитоценоза: подлесок, подрост, травяной покров, – на первых этапах демультипликативных сукцессий полностью захватывают фотосинтетическое производство, задерживая, нередко надолго, развитие древесного яруса. Подвижность показателей мощности листового полога, недостаточная изученность их пространственного и временного варьирования определяют потребность в разработке оперативных полевых методов оценки *LAI*. В данном сообщении мы хотели показать возможность наземных маршрутных измерений *LAI* по величине солнечной радиации, пропускаемой листовым пологом, или прямыми глазомерными определениями по элементам фитоценоза и величинам их проективного покрытия; а также возможность на этой основе оценок соответствия продуктивности лесных широколиственных фитоценозов условиям их произрастания.

Объекты и методы. Листовой индекс (*LAI*) – безразмерная величина ($m^2 \cdot i^{-2}$, $\tilde{a} \cdot \tilde{a}^{-1}$). Он характеризует отношение общей поверхности листвы фитоценоза, или его яруса к занимаемой ими площади. У лиственных пород принято учитывать площадь односторонней поверхности листовых пластинок. Этому будем следовать и мы. У хвойных деревьев обычно рассчитывают полную листовую поверхность. Чтобы величины *LAI* лиственных и хвойных пород стали сопоставимы, мы в обсуждении приводим для хвойных фитоценозов значения $0,5 LAI$.

Продуктивность и листовой индекс широколиственных нагорных лесов исследовали в Грибановском районе Воронежской области (ТОЛ ИЛАН) в конце июня - первой половине июля в период сезонной кульминации листовой массы и *LAI* [15]. Маршрутные обследования лесов по квартальной сети лесничества были привязаны к трем базовым пунктам измерений продуктивности и листового индек-

са фитоценозов, где *LAI* был определен ранее с использованием модельных деревьев, пробных укосов и опадоуловителей [5, 6, 11, 12, 16]. На маршрутах глазомерно оценивали сомкнутость крон, проективное покрытие и *LAI* всех ярусов насаждений, а с помощью люксметров Ю-116 определяли освещенность [1].

Люксметр при измерении освещенности экранировали от прямого света. Затенение люксметра со стороны солнца (экран $0,5 \times 0,5 m^2$ на расстоянии $0,5 m$ от фотоэлемента) позволило избежать варьирования замеров и получить высоко стабильные оценки величины рассеянного светового потока. Освещенность фиксировали одновременно, через условленные промежутки времени, две группы наблюдателей: одна перемещалась по маршруту под пологом леса, другая располагалась на открытом пространстве. Подпологовую освещенность определяли над уровнем травяного покрова ($\sim 30-40$ см от поверхности почвы), затем рассчитывали в % от измеренной освещенности в центре распаханной вырубki. Измеряли освещенность в ясные дни с 11 до 14 часов.

В точках замеров солнечной радиации глазомерно оценивали также величину листового индекса. В радиусе $30 m$ от места измерения освещенности поэтапно определяли проективное покрытие по ярусам фитоценоза и породам (с приближением 10%). С приближением $0,5$ для каждого яруса определяли листовой индекс участков, покрытых кронами данной древесной породы. *LAI* насаждения рассчитывали как сумму произведений оценок проективных покрытий элементов леса на соответствующие листовые индексы. Оценки *LAI* фитоценоза сопоставляли с замерами освещенности на уровне травяного покрова.

На последнем этапе полевых исследований внепойменные леса ТОЛ (~ 1600 га) были обследованы полностью по сети кварталов лесничества. На однообразных элементах рельефа глазомерные оценки *LAI* выполнены с шагом $250 m$. При быстрых сменах лесорастительных условий (предсклоновые полосы, склоны долины реки Хопер и балки, днище балки) расстояния между пунктами измерения сокраща-

ли до 50-100 м. Область поймы не картировали из-за слишком мелкой мозаичности фитоценозов.

На основе сопоставлений доли солнечной радиации, пропускаемой листовым пологом (P), с глазомерными и базовыми оценками LAI была аппроксимирована зависимость $LAI(P)$ [8, 9, 29]. При описании $LAI(P)$ использована модель Монси-Саеки, разработанная для обратной функции $P(LAI)$ [22, 28].

Как показали результаты исследований, годовая продукция фитомассы нагорных дубрав на темно-серых лесных суглинках варьирует от 11,2 $\text{т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ в наиболее производительных снытево-осоковых типах леса до 4,4 $\text{т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ в солонцеватых предсклоновых дубравах на окраине нагорного плато. В углеродном эквиваленте – от 5,6 до 2,2 $\text{т} \cdot \text{С} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Приведенные оценки продуктивности касаются лет, оптимальных по погодным условиям, и насаждений, не расстроенных рубками избыточной интенсивности, или усыханием деревьев вследствие инвазий филофагов и грибных болезней. В среднем же по всем площадям и возрастным группам лесов нагорного плато продуктивность дубрав ниже потенциального уровня в ~ 2 раза [26].

Фактический и потенциальный LAI - по результатам глазомерных определений. Сум-

марная первичная продуктивность нагорного широколиственного леса обеспечивается всеми его ярусами. Однако основной вклад (90% годичной продукции) принадлежит древесным ярусам фитоценоза [26]. В южной лесостепи суммарный LAI автоморфного широколиственного леса на покровных суглинках в условиях I_5 класса бонитета стремиться к 6,6-7. В условиях V класса бонитета LAI 3,5-4. С помощью лесоводственных мер листовая поверхность концентрируется в древесном пологе, на «нужной» породе первого яруса. В наиболее удачных высокобонитетных лесных культурах и насаждениях, сформированных из естественного возобновления, LAI дуба в первом ярусе можно довести до 3-4. Для сомкнутого чистого дубняка в 60-70 лет характерна следующая структура листовой поверхности LAI : первый ярус – 3,5; второй ярус – 2,5; травяной покров – 0,5 [26].

В ряду древостоев, находящихся в сходных лесорастительных условиях (тип ландшафта и почв, класс бонитета, тип травяного покрова), оценки LAI древесных ярусов: первого Д1 и второго Д2, – положительно коррелируют ($r=0,3 \div 0,4$), что, возможно, связано с формированием сомкнутости древесного полога рубками ухода, более или менее равномерно затронувшими все древесные породы (таблица 1).

Таблица 1

Листовые индексы LAI нагорных снытево-осоковых дубрав I_5 класса бонитета на темно-серых лесных почвах водораздела. Высота 150-155 м над ур. моря. Древостои 55-70 лет

| Древесные ярусы (Д) | | | Подчиненные ярусы (П) | | | | Итого LAI | LAI (Д)+ +2 LAI (П) |
|---------------------|-----|---------|-----------------------|-----|-----|---------|----------------|----------------------------|
| Д1 | Д2 | Всего Д | П1 | П2 | П3 | Всего П | | |
| 1 | 1,5 | 2,5 | 0,2 | 0,9 | 1,0 | 2,1 | 4,6 | 6,7 |
| 1,5 | 1,5 | 3 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 1,8 | 4,8 | 6,6 |
| 1,5 | 2 | 3,5 | 1,0 | 0 | 0,4 | 1,4 | 4,9 | 6,3 |
| 2 | 1,5 | 3,5 | 1,5 | 0,1 | 0,1 | 1,7 | 5,2 | 6,9 |
| 2 | 2,5 | 4,5 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 1,1 | 5,6 | 6,7 |
| 2 | 3 | 5 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 0,8 | 5,8 | 6,6 |
| 2 | 3 | 5 | 0,5 | 0 | 0,3 | 0,8 | 5,8 | 6,6 |
| 2 | 3 | 5 | 0,1 | 0 | 0,5 | 0,6 | 5,6 | 6,2 |
| 3 | 3 | 6 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 6,3 | 6,6 |

Примечания. «Д1» и «Д2» – первый и второй ярусы древостоя. «П1» – элементы подлеска выше 1,5 м; «П2» – 1,5 м и ниже. «П3» – лесной травяной покров.

Продуктивность и листовой полог нагорных дубрав южной лесостепи

$LAI(\Pi)$ подчиненных ярусов отрицательно коррелирует с $LAI(\Delta)$ древостоя ($r=-0,6 \div -0,9$): изреживание древостоя приводит к разрастанию трав и кустарников, а при смыкании древесного полога подлесок, подрост и травостой изреживаются.

Древесно-кустарниковые виды из состава подроста, подлеска и травяного покрова пытаются восполнить потерю сомкнутости основного дубово-ясеневоего полога (таблица 1, рис. 1). Однако подчиненные ярусы лесного фитоценоза в условиях I-II классов бонитета в среднем компенсируют потери облиственности древесных ярусов лишь на 50%. Поэтому максимальный листовой индекс $Max(LAI)$, который фитоценоз способен развить в высокобонитетных насаждениях, можно приближенно оценить как сумму листовых индексов древесных ярусов (Δ) плюс удвоенный листовой индекс подчиненных ярусов (Π): $Max(LAI) \approx LAI(\Delta) + 2 LAI(\Pi)$ (таблица 1, рис. 1).

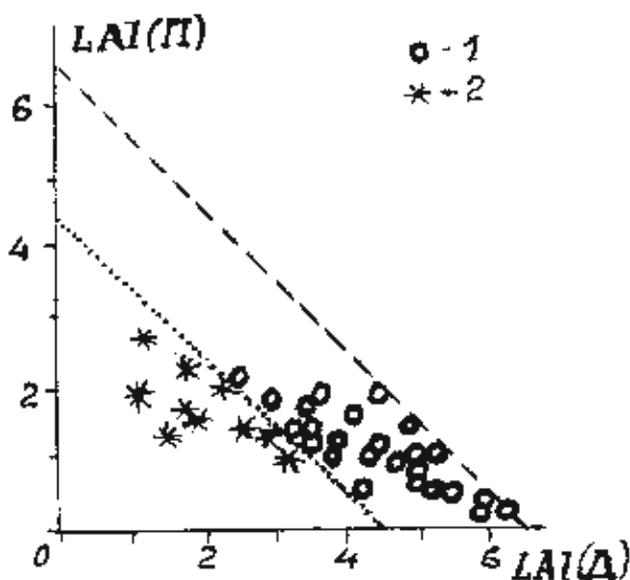


Рис. 1. Перераспределение листовой поверхности (LAI) между древесным (Δ) и подчиненными (Π) ярусами древостоев разной степени «нарушенности» в условиях I-II (1) и IV-V (2) классов бонитета

Штриховая и пунктирная линии характеризуют постоянство суммарной листовой поверхности Δ и Π ярусов в условиях I-II и IV-V классов бонитета соответственно.

В низкобонитетных условиях подчиненные ярусы компенсируют потери листовой поверхности и продуктивности господствующего древесного яруса более успешно: в насаждениях IV-V классов бонитета $Max(LAI) \approx LAI(\Delta) + 1,5 LAI(\Pi)$. Таким образом, если в высокобонитетных экотопах подчиненные ярусы компенсируют ~50% потерь продуктивности древостоя, то в низкобонитетных – они восполняют в среднем 75% потерь. По мере нарушения («расстройства») структуры листового полога древостоев высокопродуктивные и низкопродуктивные сообщества конвергируют, стремясь к $LAI \approx 3,5$ (рис.1). Отклонение LAI от максимального значения характеризует состояние древостоя и степень реализации им продукционных возможностей данного экотопа.

Картирование ТОЛ по $Max(LAI)$. Полученные нами значения $Max(LAI)$ внепойменных лесов соответствуют изменениям мощности гумусоаккумулятивного горизонта почв, потенциальной продуктивности насаждений и их фактической производительности, при условии содержания в надлежащем лесохозяйственном порядке. Они убывают от центра нагорного плато (160-150 м над ур. моря) к его эродированным окраинам (~140 м над ур. моря), достигая минимальных значений в поясе предсклоновых солонцовых полей (рис. 2). В наиболее продуктивных дубравах, занимающих высшие отметки рельефа, $Max(LAI)$ приближается к 7, а на окраинах нагорного плато на склонах южной и юго-восточной экспозиции потенциальная величина LAI падает до 4. Самые низкие значения $Max(LAI) = 1,5 \div 2,5$ наблюдаются в редианах с древесно-кустарниково-травяным покровом (аналоги солонцовых полей), и примерно такие же значения LAI 2,5 имеет травяной покров безлесных солонцовых полей.

Коэффициент корреляции потенциальной величины листового индекса $Max(LAI)$ с классами бонитета лесных насаждений $r=0,9$.

Пропускание света листвой в зависимости от величины LAI . Формула Монси-Саеки

$$P = \exp(-k \cdot LAI),$$

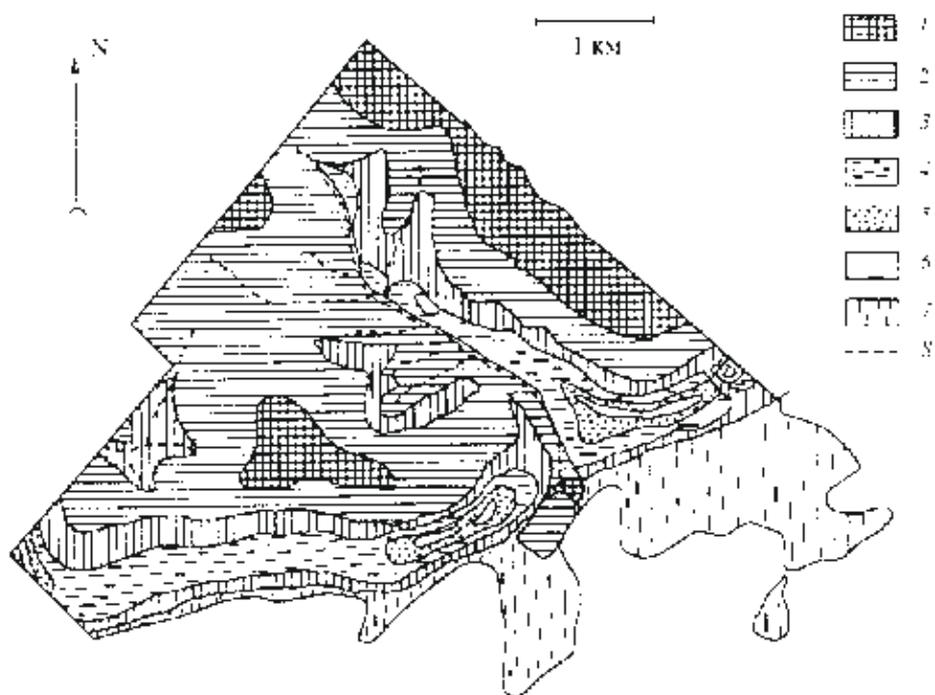


Рис. 2. Потенциальные листовый индекс $Max(LAI)$ и средняя продуктивность NPP внепойменных насаждений Теллермановского опытного лесничества ИЛАН

$Max(LAI)$: 1 – 6,5 ÷ 7; 2 – 6; 3 – 5; 4 – 4; 5 – 3; 6 – 2 и менее; NPP : 1 – 6,2; 2 – 5,9; 3 – 4,6; 4 – 3,3; 5 – 1,6 ÷ 2,1; 6 – 0,5–1,5 т $C \cdot \text{гга}^{-1} \cdot \text{га}^{-1}$; 7 – комплекс куртинных пойменных дубрав и лугов с «мелкой» мозаикой фитоценозов; 8 – тальвеги балок и их отвершков.

где P – доля света, поступившего на уровень травяного покрова, k – коэффициент, характеризующий интенсивность поглощения света (коэффициент экстинкции), – неплохо описывает изменения освещенности по вертикальному профилю чистых одновозрастных древостоев [8, 9, 22]. Однако для единообразного описания проникновения света под полог многоярусных насаждений разной сомкнутости она непригодна. Сложная структура листового полога широколиственного леса, неодинаковые оптические свойства его слоев делают невозможным простое описание соотношений LAI и доли пропущенного света P в сериях насаждений разной продуктивности, а также изменений P по вертикальному профилю многоярусного, разновозрастного и разнородного листового полога. Каждый из слоев-ярусов листового полога нагорной дубравы, теневая и световая листва имеют свои характерные особенности листорасположения, оптической плотности, специфические значения коэффициентов k . Для деревьев первого яруса

характерна, например, слабая упорядоченность расположения листвы; для второго яруса – горизонтально-мозаичное листорасположение.

И все же, зависимость пропускания света P от суммарного LAI древесно-кустарниковых ярусов в ряду насаждений разной производительности и степени нарушенности можно выразить на основе формулы Монси-Саеки суммой не менее, чем трех элементарных компонент. Аппроксимация $P = \{ \exp(-0,80 LAI) + \exp(-1,23 LAI) + \exp(-2,10 LAI) \} : 3$ позволяет статистически удовлетворительно ($R=0,95$) описать изменения подпологовой освещенности в широколиственных насаждениях от I до V классов бонитета (рис. 3). Основанные на этой аппроксимации оценки LAI древесно-кустарниковых ярусов широколиственного леса по пропусканию рассеянного света на уровень травостоя, приведены в таблице 2.

При построении карты ТОЛ (рис. 2) мы рассмотрели потенциальные значения листового индекса $Max(LAI)$ и продуктивности дре-

Продуктивность и лиственный полог нагорных дубрав южной лесостепи

востоков. Фактические же значения LAI колеблются в широких пределах зависимости от структуры листового полога. В сомкнутых чистых дубняках со сложившимся вторым ярусом, LAI ближе всего к максимальным величинам, достижимым на темно-серых лесных суглинках водоразделов южной лесостепи – $Max(LAI) = 6,6$ для $I_{5,5}$ класса бонитета и $Max(LAI) = 7$ для первого. Продуктивность таких насаждений максимальна.

Напротив, насаждения, приближенные к нашим к представлениям о «вечном» устойчивом самовоспроизводящемся лесном фитоценозе, – полидоминантные разновозрастные с мозаичной горизонтальной структурой, – отличаются пониженными значениями LAI ; в условиях $I_{5,5}$ класса бонитета их LAI 4,6. У чистых одновозрастных насаждений с искусственно упрощенной структурой продуктивность и LAI на 40% выше. Пропускание света листовым пологом древесно-кустарниковых ярусов можно использовать для оценки состояния лесного фитоценоза, его нарушенности и эффективности ведения в нем лесного хозяйства.

На севере лесостепи и в зоне широколиственных лесов предельные значения LAI несколько выше. Маршрутное обследование Тульских засек показало, что там $Max(LAI)$ достигает 8,5-9. Обобщая наши и литературные данные [7, 10, 11, 20-22, 24, 25 и др.], мы получили следующую приближенную картину изменений LAI в зональных лесных фитоценозах Европейской территории России (таблица 3). Максимальные величины листового индекса и продуктивности лесных угодий на

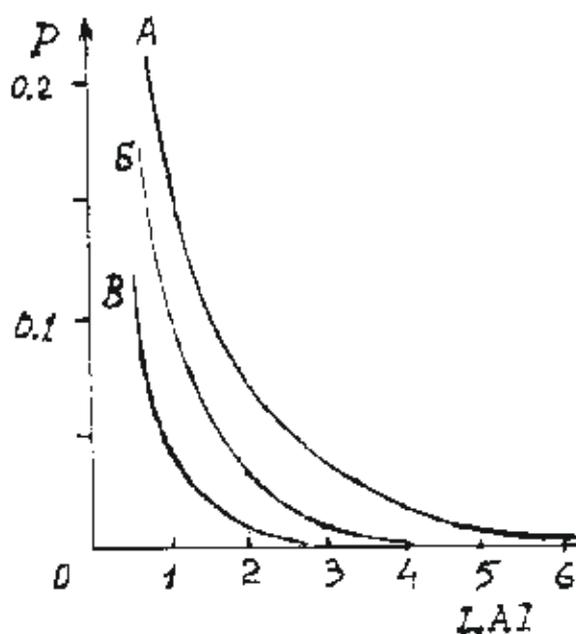


Рис. 3. Трехкомпонентная модель пропускания света на уровень травяного покрова листовым пологом древесно-кустарниковых ярусов широколиственного леса на основе формулы Монси-Саеки [28]

Коэффициенты экстинции k_i ($i = 1-3$) трех слагаемых формулы, приведенной в тексте, - $\exp(-k \times LAI)$: 3 : A - $k_1=0,8$; B - $k_2=1,23$; B - $k_3=2,10$

водоразделах Европейской России связаны с широколиственными фитоценозами смешанных, широколиственных лесов и лесостепи.

Формулу Монси-Саеки обычно используют при описании пропускания света вглубь однородного листового полога древостоя [8, 9].

Таблица 2

Листовой индекс $LAI(P)$ древесно-кустарниковых ярусов широколиственного леса и фотосинтетически активная радиация поглощенная листовым пологом $(1-P)$ в зависимости от доли P солнечной радиации зарегистрированной на уровне травяного покрова

| Показатель | $P, \%$ | | | | | | | | | |
|-------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $LAI(P)$ | 5,5 | 3,7 | 3,2 | 3,0 | 2,8 | 2,6 | 2,5 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| $(1-P), \%$ | 99 | 98 | 97 | 96 | 95 | 94 | 93 | 92 | 91 | 90 |

Примечание. За 100% приняты показания люксметра Ю-116, экранированного от прямого света, на открытом пространстве.

Листовой индекс $Max(LAI)$ зональных фитоценозов в автоморфных лесных экосистемах Европейской России

| Класс бонитета | Зоны, подзоны | | | | | |
|----------------|---------------|-------|-----|-------|-------|--------|
| | Тсв | Тср | Тюж | ТШ | Ш | ШС |
| I | - | (5)-6 | 6-7 | 7-8,5 | 8,5-9 | 7-8,5* |
| V | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,5 | 3,5 |

Примечания. Тсв – тайга северная. Тср – тайга средняя. Тюж – тайга южная. ТШ – смешанные хвойно-широколиственные леса. Ш – широколиственные леса. ШС – лесостепь.

* Близ южной границы лесостепи LAI 7.

Наша работа показала возможность ее приложения к серии насаждений разного бонитета в пределах одной флористической формации. Правда, формулу пришлось усложнить. Листовой полог древесно-кустарниковой части фитоценоза представляется при этом сложным из трех слоев. Условно можно говорить, что первый слой $k = -0,8$ соответствует световой листве древесного яруса, второй $k = -1,23$ полутеневой листве древесных пород и подлеска, третий $k = -2,1$ теневой листве всех ярусов. Однако, что бы не описывали три слагаемых приведенной формулы, – ярусы фитоценоза, группы световой и теневой листвы или же другие компоненты листового полога, – очевидно, что фитоценоз ведет себя как авторегулируемая система, подстраивающая величину коэффициента экстинции k к условиям роста.

Поглощение света – важнейшая характеристика энергетики экосистемы. Она дает представление о первичной BPP продуктивности фитоценозов и интенсивности их транспирации [13, 14, 26]. Наши оценки поглощения листовым пологом широколиственного леса рассеянной радиации (таблица 2, $I-P$) близки к оценкам, полученным для фотосинтетически активной радиации 350-650 нм в хвойных лесах [28].

Заключение. В условиях I-II класса бонитета травы и кустарники из подчиненных ярусов широколиственного леса в среднем лишь наполовину компенсируют потери листвы у древостоев. Величина $LAI(Д)+2 LAI(П)$, где $LAI(Д)$ – листовой индекс древесных ярусов насаждения, а $LAI(П)$ – листовой индекс под-

чиненных ярусов, – остается примерно постоянной и позволяет оценить потенциальную величину LAI . В нагорных лесах южной лесостепи она достигает $Max(LAI)=6,5-7$, а в зоне широколиственных лесов 8-9. В южно-лесостепных насаждениях V бонитета $Max(LAI)=3,5$.

Выровненные насаждения, у которых структура листового полога искусственно упрощена, а листва с помощью лесоводственных мероприятий сконцентрирована в древесном ярусе, демонстрируют максимальный уровень поглощения света. Соответственно, максимальных значений достигает и их продуктивность: в южной лесостепи до $BPP=22,4$ (до 26) т $C \cdot \text{гга}^{-1} \cdot \text{га}^{-1}$ по ассимилированному углероду, а по биомассе (за вычетом затрат на автотрофное дыхание) $NPP=5,6$ (до 6,5) т $C \cdot \text{гга}^{-1} \cdot \text{га}^{-1}$ [26].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О методике изучения светового режима в лесу / Е.А. Акулова [и др.] // Бот. журн. – 1966. – Т. 51, №5. – С. 681-686.
2. Боханова Н.С. Надземная фитомасса пойменных дубрав / Н.С. Боханова // Лесоведение. – 1971. – №2. – С. 71-75.
3. Ватковский О.С. Методы определения фитомассы ствола и крон дуба // Лесоведение. – 1968. – №6. – С. 58-64.
4. Ватковский О.С. Фитомасса солонцовых дубрав / О.С. Ватковский // Лесоведение. – 1969. – №1. – С. 90-94.
5. Ватковский О.С. Изменение поверхности растений в процессе развития солонцовых дубрав Теллермановского лесничества / О.С. Ватковский // Лесоведение. – 1978. – №5. – С. 77-80.
6. Ватковский О.С. Влияние осадков на формирование массы опада листвы в снытево-осоковой дубраве / О.С. Ватковский, П.И. Быстрянец // Состояние дубрав лесостепи. – М., 1989. – С. 39-41.
7. Проективное содержание хлорофилла и биоразнообразие растительности основных ботанико-

Динамика состояния сосновых насаждений под воздействием рекреации

- географических зон России / П.Ю. Воронин [и др.] // Физиология растений. – 1995. – Т. 42, №2. – С. 295-302.
8. Выгодская Н.Н. Радиационный режим 30-летнего дубняка в суточной и сезонной динамике / Н.Н. Выгодская // Световой режим, фотосинтез и продуктивность леса. – М., 1967. – С. 77-94.
9. Выгодская Н.Н. Возрастная динамика оптических свойств высокопродуктивных древостоев ясене-снытево-осоковой дубравы / Н.Н. Выгодская // Взаимоотношения компонентов биогеоценоза в лиственных молодняках. – М., 1970. – С. 78-107.
10. Данилов М.Д. Закономерность развития чистых древостоев в связи с динамикой листовой массы / М.Д. Данилов // Лесное хоз-во. – 1953. – №6. – С. 21-24.
11. Дубравы лесостепи в биогеоценологическом освещении / под ред. А.А. Молчанова. – М.: Наука, 1975. – 374 с.
12. Ильющенко А.Ф. Методические подходы к изучению первичной биологической продуктивности дубрав / А.Ф. Ильющенко, Н.Ф. Каплина, А.Г. Молчанов // Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы: материалы совещ. – Тула, 2001. – С. 350-355.
13. Кайбияйнен Л.К. Экофизиология водного режима сосны и сосновых древостоев: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Л.К. Кайбияйнен. – М., 1990. – 45 с.
14. Кайрюкшис Л.А. Рациональное использование солнечной энергии как фактор повышение продуктивности лиственно-еловых насаждений / Л.А. Кайрюкшис // Световой режим, фотосинтез и продуктивность леса. – М., 1967. – С. 151-166.
15. Мамихин С.В. Математическое моделирование сезонной и многолетней динамики углерода органического вещества в системе атмосфера - почва - растение: автореф. дисс. кандидата биол. наук / С.В. Мамихин. – М., 1987. – 20 с.
16. Матвеева А.А. Травяной покров сплошных лесосек и его влияние на возобновление древесных пород и культуры дуба в Борисоглебском лесном массиве / А.А. Матвеева // Тр. Ин-т леса. – 1957. – Т.33. – С. 146-165.
17. Мина В.Н. Круговорот азота и зольных элементов в дубравах лесостепи / В.Н. Мина // Почвоведение. – 1955. – №6. – С. 32-44.
18. Смирнов В.В. Облиствление осинников Теллермановской рощи / В.В. Смирнов // Тр. Ин-т леса. – 1957. – Т. 33. – С. 183-196.
19. Смирнов В.В. Ход роста осинового древостоев Теллермановской рощи в типе леса осинник снытево-осоковый / В.В. Смирнов // Взаимоотношения компонентов биогеоценоза в лиственных молодняках. – М., 1970. – С. 264-269.
20. Уткин А.И. Основные направления в исследованиях по биологической продуктивности за рубежом / А.И. Уткин // Лесоведение. – 1969. – №1. – С. 63-83.
21. Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты) / А.И. Уткин // Лесоведение и лесоводство. – М., 1975. – С. 9-189. – (Итоги науки и техники; т. 1).
22. Федоров В.Д. Экология / В.Д. Федоров, Т.Г. Гильманов. – М.: МГУ, 1980. – 464 с.
23. Цельникер Ю.Л. Хлорофильный индекс как показатель годичной аккумуляции углерода древостоями леса / Ю.Л. Цельникер, И.С. Малкина // Физиология растений. – 1994. – Т. 41, №3. – С. 325-330.
24. Чжан Ши-цзюй Связь прироста дерева по диаметру с особенностями его кроны как основа для классификации деревьев в лесу (на примере ясеня обыкновенного в Теллермановской нагорной дубраве) / Чжан Ши-цзюй // Взаимоотношения компонентов биогеоценоза в лиственных молодняках. – М., 1970. – С. 200-224.
25. Эйтинген Г.Р. Избранные труды / Г.Р. Эйтинген. – М.: Изд-во с-х лит., 1962. – 500 с.
26. Экосистемы Теллермановского леса / под ред. В.В. Осипова. – М.: Наука, 2004. – 340 с.
27. Joffre R. Local variation of ecosystem functions in a Mediterranean evergreen oak woodland / R. Joffre, S. Rambal, F. Romane // Environmental constraints and oaks: Ecological and rhyso logical aspects: abstracts of Int. Symp. Aug.29 – Spt.1. – Velaine en Haye, 1994. – P. 110-111.
28. Monsi M. Uber der lichtfaktor in den phlanzengesellschaften und sein bedeutung fur die stoffproduktion / M. Monsi, T. Saeki // Jap. Journ. Bot. – 1953. – N14. – H. 22-52.
29. Spectral composition of solar radiation in spruce crown / N. Vygodskaya [et al] // Monitoring of energy-mass exchange between atmosphere and forests ecosystems. – Gottingen: Forschungszentrum Waldokosysteme, 2002. – P. 134-151.

УДК 630*174.54:630*907:504*062.2

С.М. Матвеев

ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕКРЕАЦИИ

В данной работе представлены результаты исследования состояния естественных сосновых насаждений, с вековым древостоем, испытывающих многолетнее воздействие рекреации.

Изучены (в разные годы) два обширных участка, в пределах Усманского бора, в типе лесорастительных условий (ТЛУ) – В₂ (Свежая суборь), типе леса – Сосняк травяной с дубом