



УДК 630\*181.21

Р.И. Рязатов,  
С.В. Кабанов

## ПОДПОЛОВОГАЯ ОСВЕЩЕННОСТЬ В СТАРОВОЗРАСТНЫХ СОСНЯКАХ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЕННОСТЬ ПОДРОСТА СОСНЫ

**Ключевые слова:** старовозрастные сосняки естественного происхождения, освещенность, возрастное состояние подроста, жизненное состояние подроста, биометрические показатели подроста.

### Введение

Основной особенностью светового режима в лесу является мозаичность освещенности и непрерывная пульсация световых потоков, проникающих под полог леса [1]. Изучению светового режима в сосняках посвящен целый ряд работ, однако подобные исследования для малонарушенных сосновых насаждений юга Приволжской возвышенности практически не проводились [1-5, 9]. Учет светового режима в этих сообществах очень важен, так как в теснейшей связи со световыми условиями под пологом леса находится процесс лесовозобновления.

**Цель работы** – изучить пространственную вариацию подпологовой освещенности в старовозрастных сосняках естественного происхождения южной части Приволжской возвышенности и ее влияние на жизненность подроста сосны.

### Объекты и методы

Под старовозрастными сосняками естественного происхождения понимаются насаждения старше 100 лет и имеющие высокую природоохранную ценность [6]. Сбор материала проводили в памятниках

природы регионального значения: Урочище «Поповские сосняки» (Саратовское лесничество), Меловые склоны с растениями-кальцефилами у с. Тепловка (Вольское лесничество), а также в Балтайском лесничестве Саратовской области и в Павловском лесничестве Ульяновской области.

Характеристика фитоценозов, под древесным пологом которых проводились исследования, приводится в таблице 1. Растительность описывалась путем закладки пробных площадей площадью не менее 0,25 га. На каждой пробной площади определялась экспозиция, величина угла наклона склона, сомкнутость полога древостоя и подлеска, проективное покрытие травостоя. Растения, относящиеся к ярусу древостоя, описывались методом сплошного перечета. Для каждого дерева определялись видовая принадлежность, высота, диаметр ствола на высоте 1,3 м, возрастное и жизненное состояние. Для описания подроста, подлеска и живого напочвенного покрова по площади пробы равномерно закладывались учетные площадки, размер которых зависел от густоты подроста. Количество закладываемых площадок определялось с таким расчетом, чтобы точность определения числа особей составляла не менее 15% (чаще закладывалось 15-20 площадок размером 2 м на 2 м). Для древесных растений, входящих в состав подроста, дополнительно определялось возрастное и жиз-

ненное состояние. Признаки возрастных состояний брались по О.В. Смирновой с соавторами [7]. При установлении жизнеспособности подростка в основу была положена классификация, предложенная А.А. Чистяковой, с подразделением на три категории – растения нормальной жизненности, пониженной жизненности и низкой жизненности. Для подлеска определялись видовая принадлежность и высота кустарников. Для живого напочвенного покрова указывалось видовое название по С.К. Черепанову (1995) и проективное покрытие [8].

Для характеристики степени пространственной (горизонтальной) неравномерности подпологовой освещенности было проведено ее картирование на восьми пробных площадях. Элементарной единицей картирования была принята площадка размером 5 x 5 м. Освещенность для каждой площадки измерялась в ее центре с 5-кратной повторностью на высоте 1 м.

Измерение освещенности проводилось люксметром ТКА-ПКМ (модель 43) в полуденные часы и затем выражалось в процентах к освещенности открытого пространства.

Для изучения влияния светового режима на жизненность подростка согласно методическим указаниям В.А. Алексеева замеры освещенности производились над вершинами подростка, обычно на высоте 1,3-1,5 м, вдоль ходовых линий, через 1-2 м [6]. Направление ходовых линий принималось поперек направления солнечных лучей. Общая длина ходовых линий составляла в зависимости от высоты солнца и погодных условий от 50 до 400 м (50 при закрытом или низком солнце, 400 – при высоте более 50°), что давало возможность отразить все многообразие условий. Особи подростка обмерялись с установлением основных биометрических показателей. Всего было произведено 1092 замера освещенности для 273 особей подростка сосны (из них ювенильных – 64 шт., иматурных – 165 шт., виргинильных – 44 шт.).

Полученные данные обрабатывались с использованием программы Statistica 6.0, графики строились в программе Surfer 8.

### Результаты и их обсуждение

Пространственная (горизонтальная) неоднородность подпологовой освещенности старовозрастных сосняков естественного происхождения очень велика и принципиально отличается от сосновых насаж-

дений искусственного происхождения. Неравномерность в распределении света объясняется неоднородностью и, как следствие этого, различной светопроницаемостью древесно-кустарникового полога; пульсация же световых потоков – перемещением солнца и облаков и раскачиванием деревьев ветром [1].

Основная причина варьирования подпологовой освещенности – большая мозаичность, неоднородность горизонтальной и вертикальной структуры старовозрастных сосняков. Старовозрастные сосняки естественного происхождения юга Приволжской возвышенности являются, как правило, разновозрастными и состоят из нескольких возрастных поколений. Деревья первого яруса представлены, в основном, старыми и средневозрастными генеративными особями сосны, которые размещены по площади неравномерно, сомкнутость полога также неравномерная. Второй ярус чаще всего имеется, но выражен слабо, представлен молодыми генеративными особями сосны. Размещение деревьев второго яруса еще более групповое, а сомкнутость этого полога еще более неравномерная.

Результаты картирования подпологовой освещенности четырех сосновых фитоценозов приводятся на рисунке 1.

Количественно степень пространственной (горизонтальной) неравномерности подпологовой освещенности оценивалась через коэффициент вариации. В сосняке тимьяниково-злаковом коэффициент вариации освещенности составил 72,6%, освещенность изменяется от 0,9 до 97,5% по отношению к освещенности открытого пространства; в сосняке приземисто-осоково-злаковом – 114,6%, изменяется от 1,5 до 97,2%; в сосняке приземисто-осоково-купеновом – 99,6%, изменяется от 2,1 до 96,4%; в сосняке злаковом – 114,5%, изменяется от 0,9 до 96,4%; в сосняке купеново-лазурниковом – 120,3%, изменяется от 1,6 до 94,3 %; в сосняке вейниковом – 102,3 изменяется от 1,2 до 94,3 %, в сосняке купеново-злаковом – 135,8%, варьирует от 0,7 до 94,2%; в сосняке травяном – 135,3%, изменяется от 1,3 до 98%.

Более низкая вариация освещенности в сосняке тимьяниково-злаковом, по сравнению с другими фитоценозами, связана с низкой полнотой древостоя, наличием в пологе больших окон. Такие особенности строения приводят к значительной выравненности подпологового светового режима [9].

Таблица 1

Характеристика объектов исследований

Фитоценоз	Положение в рельефе	Гранулометрический состав почвы	Тип ЛРУ	Древостой							Подлесок		Травостой	Общее покрытие, %
				состав*	возраст, лет	средняя высота, м	средний диаметр, см	бонитет	полнота	сомкнутость	состав**	средняя высота, м		
Сосняк тимьянково-злаковый (С_ПП1)	Верхняя и средняя часть склона, Ю – 11°	Песчаная	А0-1	I 10С	170	17,7	44,2	5	0,47	0,6	9 Ракит. русс. 1 Бер. бор. + Дрок кр.	0,5	Carex supina Willd. ex Wahlenb., Poa angustifolia L., Agropyron repens P. B.	50
				II 10С	40	8,7	6,6	4	0,04	0,1				
Сосняк приземисто-осоково-злаковый (С_ПП3)	Верхняя и средняя часть склона, 3 – 20-30°	Песчаная	А1	I 10С	170	20,9	49,6	4	0,61	0,6	10 Бер. бор. + Ракит. русс.	0,4	Poa angustifolia L., Carex supina Willd. ex Wahlenb., Achillea millefolium L.	60
				II 10С	90	14,8	20,5	4	0,05	0,1				
Сосняк приземисто-осоково-куленовый (ЮР_ПП1)	Средняя часть склона, ЮВ – 20°	Песчаная	А0-1	I 10С	170	22,7	42,9	3	0,85	0,6	9 Вш. степ. 1 Ракит. русс.	1,0	Polygonatum multiflorum (L.) All., Carex supina Wahlenb.	10
				II 10С	80	15,8	18,1	3	0,01	0,2				
Сосняк злаковый (Т_ПП1)	Верхняя и средняя часть склона, ЮЗ – 20°	Супесчаная (перегнойно-карбонатная)	С1-2	I 10С	140	19,7	40,6	5	1,86	0,8	10 Бер. бор. + Дрок кр.	1,0	Poa pratensis L. s. l.	70
				II 10С	40	10	12	3	0,06	0,15				
Сосняк купеново-лазурниковый (Т_ПП2)	Верхняя часть склона, ЮЗ – 8-10°	Супесчаная (перегнойно-карбонатная)	С1	I 10С	130	17,5	41	5	0,6	0,6	9 Бер. бор. 1 Вш. степ. + Ряб. об., Дрок кр.	1,5	Laser triflorum Borkh., Polygonatum officinale All., Convallaria majalis L.	60
				II 10С	70	11,6	15,6	4	0,13	0,2				
Сосняк вейниковый (Бар_ПП1)	Верхняя и средняя часть склона, ЮЗ – 6-7°	Песчаная	А0	I 10С	160	22,9	48,3	3	0,89	0,6	-	-	Calamagrostis epigeios (L.) Roth, Poa pratensis L. s. l., Hieracium cymosum L.	10
				II 10С	140	28,8	35,3	2	0,97	0,6				
Сосняк купеново-злаковый (П_ПП1)	Верхняя и средняя часть склона, 3 – 30-35°	Супесчаная	В1	I 10С	80	17,9	15,7	3	0,05	0,1	10 Ряб. об.	2,0	Poa angustifolia L., Calamagrostis epigeios (L.) Roth., Polygonatum odoratum (Mill.) Druce., Convallaria majalis L.	35
				II 10С	80	17,9	15,7	3	0,05	0,1				
Сосняк травяной (П_ПП2)	Верхняя и средняя часть склона, 3 – 30-40°	Супесчаная	В1	I 10С	130	24,4	37,6	3	1,07	0,6	10 Ряб. об.	1,5	Calamagrostis epigeios (L.) Roth., Artemisia abrotanum L. (A. Procera Willd.), Geranium sanguineum L., Pleurozium schreberi Willd., Dicranum polysetum Willd.	30
				II 10С	60	16,9	15,7	2	0,06	0,25				

\* С – сосна обыкновенная (Pinus sylvestris L.). \*\* Бер. бор. – бересклет бородавчатый (Euonymus verrucosus Scop.), Вш. степ. – вишня степная (Prunus fruticosa Pall.), Дрок кр. – дрок красный (Genista tinctoria L.), Ракит. русс. – (Chamaecytisus ruthenicus (Woloszcz.) Klackova, Ряб. об. – рябина обыкновенная (Sorbus aucuparia L.).

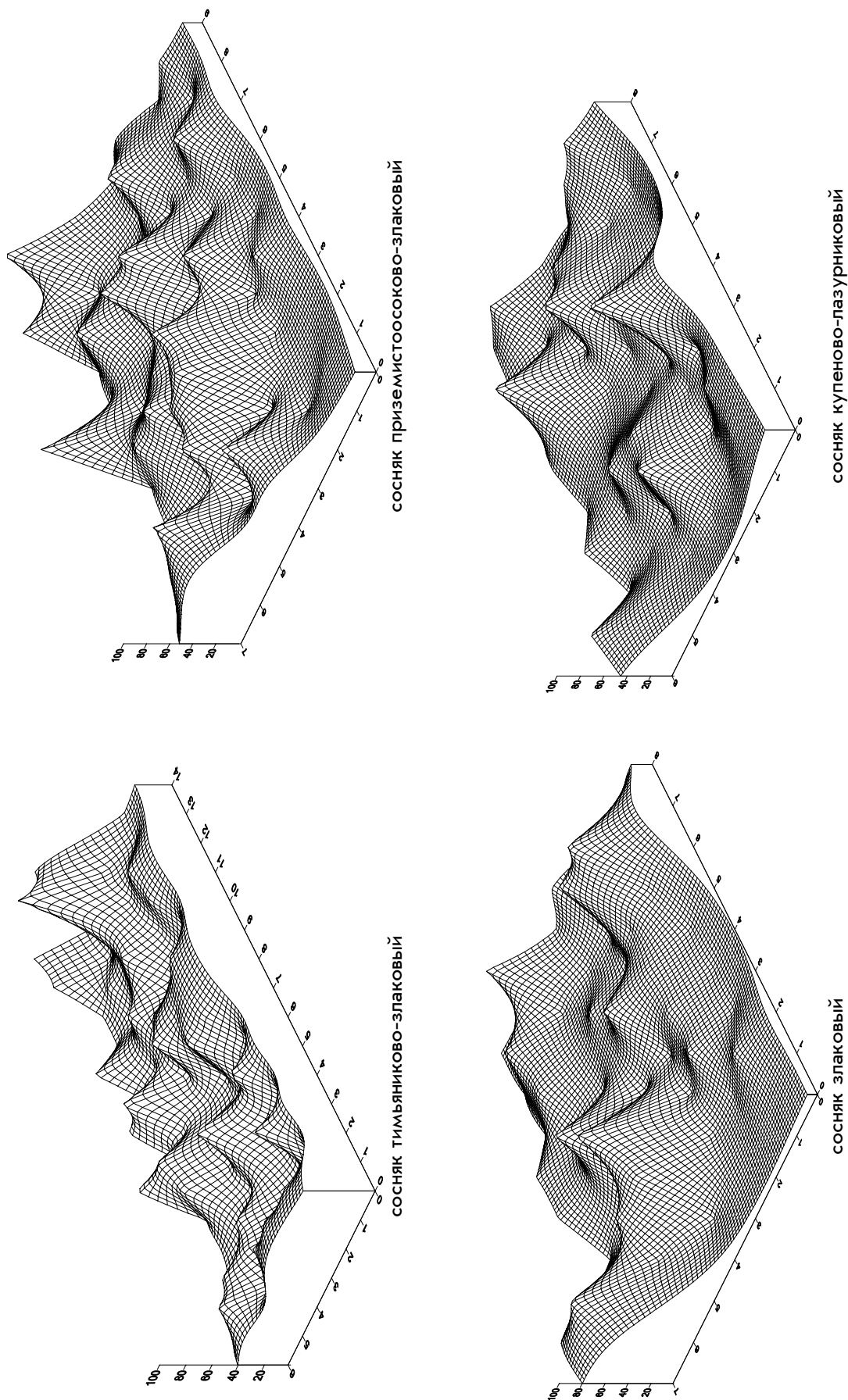


Рис. 1. Изменение подпологовой освещенности в сосновых фитоценозах

Наиболее высокая вариация освещенности связана с более неравномерным распределением участков по группам освещенности. На крутых склонах (30-40°) в сосняке купеново-злаковом на участки с освещенностью до 20% приходится 70,4%, в сосняке травяном – 81,3%, а участки с другими уровнями освещенности занимают незначительную площадь или вообще не встречаются [9].

Освещенность под пологом очень сильно варьирует. В каждом из изученных фитоценозов наряду с участками, где освещенность является оптимальной для развития подростка сосны (85-90%), имеются участки, где световые условия исключают его нормальное развитие (5-6%). Распределение участков с различной освещенностью в сосновых фитоценозах показано на рисунке 2. Чаще всего в старовозрастных сосняках встречаются участки с освещенностью до 20% от открытого пространства.

Уровень полуденной освещенности в пределах групп подростка одинаковой жизненности очень сильно варьирует. Коэффициент вариации в группе особей нормальной жизненности составляет – 36,6%, пониженной – 59,6, низкой – 75,7%. Такая высокая вариация объясняется сложностью механизма влияния све-

тового режима и достаточно значительной во времени ответной реакции на это влияние. Кроме того, световой режим не является единственным фактором, оказывающим влияние на состояние подростка. Не учтено влияние таких факторов, как атмосферная и почвенная влажность, влияние животных, антропогенная нагрузка и др.

Для выявления статистической достоверности различий в освещенности групп подростка сосны обыкновенной разной жизненности был проведен однофакторный дисперсионный анализ. Результаты дисперсионного анализа приведены в таблице 2.

Величина F-критерия и низкая вероятность нулевой гипотезы (p) подтвердили наличие статистически достоверных различий в уровне освещенности особей разных категорий жизненности. Вероятности нулевых гипотез попарного сравнения средних значений показателей освещенности трех категорий жизненности приводятся в таблице 3. Сравнения проведены при помощи критерия – наименьшей существенной разницы (НСР).

Средние значения относительной освещенности по категориям жизненного состояния подростка сосны обыкновенной приведены в таблице 4.

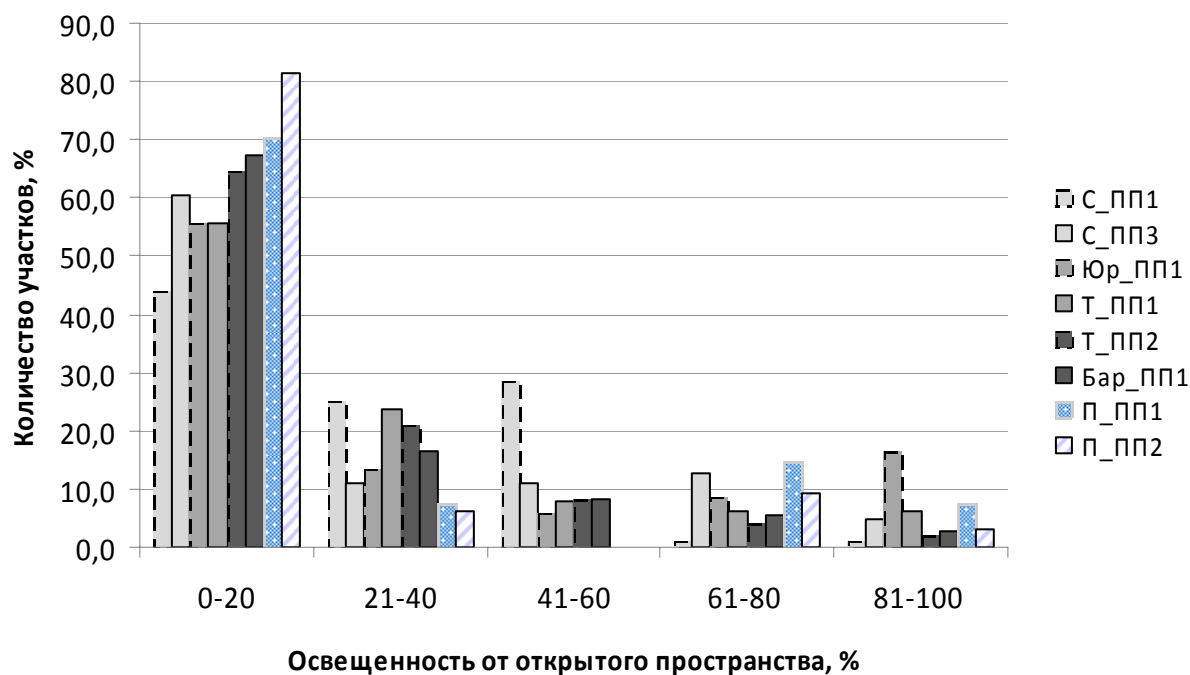


Рис. 2. Распределение участков по группам освещенностей в сосновых фитоценозах



Результаты дисперсионного анализа

SS Effect (сумма квадратов фактора)	Df Effect (число степеней свободы фактора)	MS Effect (средний квадрат фактора)	SS Error (сумма квадратов ошибки)	Df Error (средний квадрат ошибки)	MS Error (средний квадрат ошибки)	F	p (вероятность нулевой гипотезы)
Все возрастные состояния							
2,771344E+11	2	1,38567E+12	1,38567E+12	270	512291929	270,5	0,000
Ювенильные особи							
4,135448E+10	2	2,06772E+11	5,39387E+11	61	884242027	23,4	0,000
Имматурные особи							
1,57011E+11	2	7,85053E+11	5,14622E+11	162	317668356	247,1	0,000
Виргинильные особи							
4,450103E+10	2	2,22505E+11	1,66779E+11	41	406779168	54,7	0,000

Таблица 3

Матрица вероятностей нулевых гипотез попарного сравнения средних значений (LSD test) для всех возрастных состояний (числитель) и для имматурных особей (знаменатель)

Категория жизнеспособности подростка	Нормальная	Пониженная	Низкая
Нормальная		<u>0,000000</u> 0,000000	<u>0,000000</u> 0,000000
Пониженная	<u>0,000000</u> 0,000000		<u>0,003542</u> 0,000666
Низкая	<u>0,000000</u> 0,000000	<u>0,003542</u> 0,000666	

Таблица 4

Средние значения относительной освещенности по категориям жизненного состояния

Возрастное состояние	Жизненное состояние подростка, %		
	нормальная жизнённость	пониженная жизнённость	низкая жизнённость
Ювенильные особи	52,7±5,5	16,3±1,7	6,7±0,3
Имматурные особи	65,1±2,2	18,8±1,9	8,6±1,3
Виргинильные особи	77,5±2,9	-	-

Анализируя данные таблицы 3, можно сделать вывод, что в процессе роста и развития подростка сосны обыкновенной увеличивается его потребность в свете. Полученные нами данные с вероятностью 0,68 позволяют утверждать, что имматурные особи сохраняют нормальную жизнённость при уровне полуденной освещенности 46% от открытого места.

Слабая, но статистически достоверная связь из изученных нами биометрических показателей подростка (высота растения (Н, м), абсолютная (Лкр, м) и относительная длина кроны (Лкр, %), абсолютная (Дкр, м) и относительная ширина кроны

(Дкр, %), отношение ширины к длине кроны (Дкр/Лкр, %)) с уровнем его жизнённости отмечена для высоты растения, абсолютной и относительной длины кроны, абсолютной ширины кроны. Коэффициенты корреляции Пирсона представлены в таблице 5.

Корреляция биометрических показателей подростка с освещенностью статистически достоверная, умеренная. Коэффициент корреляции с высотой растения равен 0,3215 (p = 0,000), с абсолютной длиной кроны 0,3225 (p = 0,000), с абсолютной шириной кроны 0,3405 (p = 0,000).

Парные коэффициенты корреляции категории жизненности подростка с освещенностью и биометрическими показателями подростка

Биометрические показатели подростка				Освещенность	
Н, м	Лкр, м	Лкр, %	Дкр, м	абсолютная, лк	относительная, %
Все возрастные состояния					
-,2630 p=,000	-,2706 p=,000	-,1421 p=,020	-,2865 p=,000	-,8040 p=0,00	-,7986 p=0,00
Имматурные особи					
-,1617 p=,039	-,1823 p=,020	-,2105 p=,007	-,2215 p=,004	-,8272 p=0,00	-,8167 p=0,00

**Выводы**

1. Сложность и разнообразие в структуре и строении древостоев старовозрастных сосняков, их чрезвычайно большая изменчивость в процессе возрастного развития определяет неравномерность распределения света под пологом древостоя. Величина освещенности под пологом изученных фитоценозов варьирует очень сильно. Об этом свидетельствуют высокие коэффициенты вариации освещенности, которые колеблются от 72,6% в сосняке тимьяниково-злаковом до 135,8% в сосняке купеново-злаковом.

2. По мере роста подростка сосны увеличивается его потребность в свете. У ювенильных особей нормальной жизненности освещенность в среднем составляет 52,7±5,5%, у имматурных – 65,1±2,2%, виргинильных – 77,5±2,9%.

3. Уровень освещенности объясняет 67% вариации жизненности подростка сосны. Средние значения относительной освещенности для ювенильных особей нормальной жизненности составляет 52,7±5,5%, для особей пониженной жизненности 16,3±1,7, для низкой жизненности 6,7±0,3%.

4. Корреляция биометрических показателей особей подростка с освещенностью статистически достоверная. Наиболее сильно с освещенностью коррелируют высота растения, длина и ширина кроны.

**Библиографический список**

1. Рысин Л.П. Световой режим в некоторых хвойных и лиственных типах леса / Л.П. Рысин // Стационарные биогеоценологические исследования в южной подзоне тайги. – М.: АН СССР, 1964. – С. 74-89.

2. Санников С.Н. Биологические этапы индивидуального роста и развития семян самосева сосны / С.Н. Санников // Эко-

логия и физиология древесных растений Урала. Вопросы развития лесного хозяйства на Урале. – Свердловск: Институт биологии АН СССР Уральский филиал, 1963. – С. 47-64.

3. Карманова И.В. Экспериментальное изучение роста и развития подростка ели, сосны и клена при разных режимах питания и освещенности / И.В. Карманова // Естественное возобновление древесных пород и количественный анализ его роста. – М.: Наука, 1970. – С. 54-84.

4. Рысин Л.П. Влияние лесной растительности на естественное возобновление древесных пород под пологом леса / Л.П. Рысин // Естественное возобновление древесных пород и количественный анализ его роста. – М.: Наука, 1970. – С. 5-53.

5. Алексеев В.А. Световой режим леса / В.А. Алексеев. – М.: Наука, 1975. – 228 с.

6. Романюк Б. Природоохранное планирование в лесном хозяйстве в условиях Северо-Западного региона РФ // Устойчивое лесопользование. – 2006.– № 2 (10). – С. 29-39.

7. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники: методические разработки для студентов биологических специальностей / А.А.Чистякова, Л.Б. Заугольнова, И.В. Полтинкина и др.; под ред. О.В. Смирновой. – М.: МГПИ, 1989. – 102 с.

8. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.

9. Протопопов В.В. Условия освещенности в кедровых древостоях / В.В. Протопопов // Физиологическая характеристика древесных пород Средней Сибири. – Красноярск: АН СССР, Институт леса и древесины, 1965. – С. 115-122.