

# ИЗМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО РЕЖИМА И СОСТАВА ТРАВЯНОГО ЯРУСА СОСНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ СМЫКАНИИ КРОН ДРЕВОСТОЯ

## CHANGE IN THE RADIATION REGIME AND COMPOSITION OF THE HERBAL LAYER OF PINE CROPS AT THE CLOSING OF THE CROWN OF THE TREE

*O. Kulyasova  
M. Kastornova*

*Summary.* In the conditions of the northern forest-steppe of the Tyumen region, changes in the radiation regime of Scotch pine crops and the transformation of the species composition of the herbaceous layer in the process of closing the crowns of a pine stand have been studied. It is shown that in unclosed pine forests of 13 years of age, the total solar radiation is on average 48.7% of the radiation of the open area. In cultures of 23 years of age with a crown density of 80%, the share of the total incoming radiation decreases to 17.2%. After the pine crowns close, the species diversity of the herbaceous layer decreases; the proportion of light-loving species of herbage is decreasing; the representation of species of meadow and forest-steppe ecological-cenotic groups decreases, the proportion of birch and boron species of grasses increases.

*Keywords:* radiation regime; grass layer; species composition; Scots pine culture; northern forest-steppe.

**Кулясова Оксана Алексеевна**

*К.б.н., доцент, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (г. Тюмень)  
oksana-2505kul@mail.ru*

**Касторнова Марина Геннадьевна**

*К.с.-х.н., доцент, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (г. Тюмень)  
morskae.t90@mail.ru*

*Аннотация.* В условиях северной лесостепи Тюменской области изучены изменения радиационного режима культур сосны обыкновенной и трансформация видового состава травяного яруса в процессе смыкания крон соснового древостоя. Показано, что в несомкнутых сосняках 13-летнего возраста суммарная солнечная радиация составляет в среднем 48,7% от радиации открытого участка. В культурах 23-летнего возраста с сомкнутостью крон 80% доля поступающей суммарной радиации снижается до 17,2%. После смыкания крон сосны сокращается видовое разнообразие травяного яруса; снижается доля светолюбивых видов травостоя; уменьшается представленность видов луговой и лесостепной эколого-ценотических групп, повышается доля березняковых и боровых видов трав.

*Ключевые слова:* радиационный режим; травяной ярус; видовой состав; культуры сосны обыкновенной; северная лесостепь.

## Введение

Световой (радиационный) режим является одним из ведущих факторов жизни растений [1]. В лесных экосистемах количество поступающей к земной поверхности солнечной радиации напрямую зависит от сомкнутости крон древостоев [12]. Как отмечал А.П. Шенников, «чем ближе к поверхности почвы в лесу, тем затененность больше, света меньше» [17]. Поэтому изменение сомкнутости крон древостоя-эдификатора и связанная с этим смена режима освещенности экотопа наиболее существенное влияние оказывают на нижние ярусы растительности лесных сообществ. Поступление солнечной радиации под полог леса определяется, в первую очередь, породой деревьев и географической широтой местности [10]. Существует довольно большое количество работ, посвященных изучению влияния на радиационный режим леса древостоев различного породного состава и в разных природных зонах [2–4, 8, 16, 18]. Но по искусственным соснякам северной лесостепи Западной Сибири такие исследования до настоящего времени не проводились. Научный интерес

представляет также изучение процессов трансформации видового состава растительности нижних ярусов лесных фитоценозов, происходящих в результате изменения радиационного режима экотопа.

## Цель исследований

Изучить особенности изменения радиационного режима и видового состава травяного яруса культур сосны обыкновенной в процессе смыкания крон древостоя-эдификатора.

## Материалы и методы

Исследования проводились в 2007–2017 гг. на территории Абатского административного района Тюменской области, расположенного в подзоне северной лесостепи. Широта места проведения исследований — 56° с.ш. Климат района континентальный. Территория района достаточно обеспечена теплом (средняя июльская температура 18 °С, средняя январская –19,5 °С) и слабо обеспечена осадками (в среднем 380 мм в год, большая

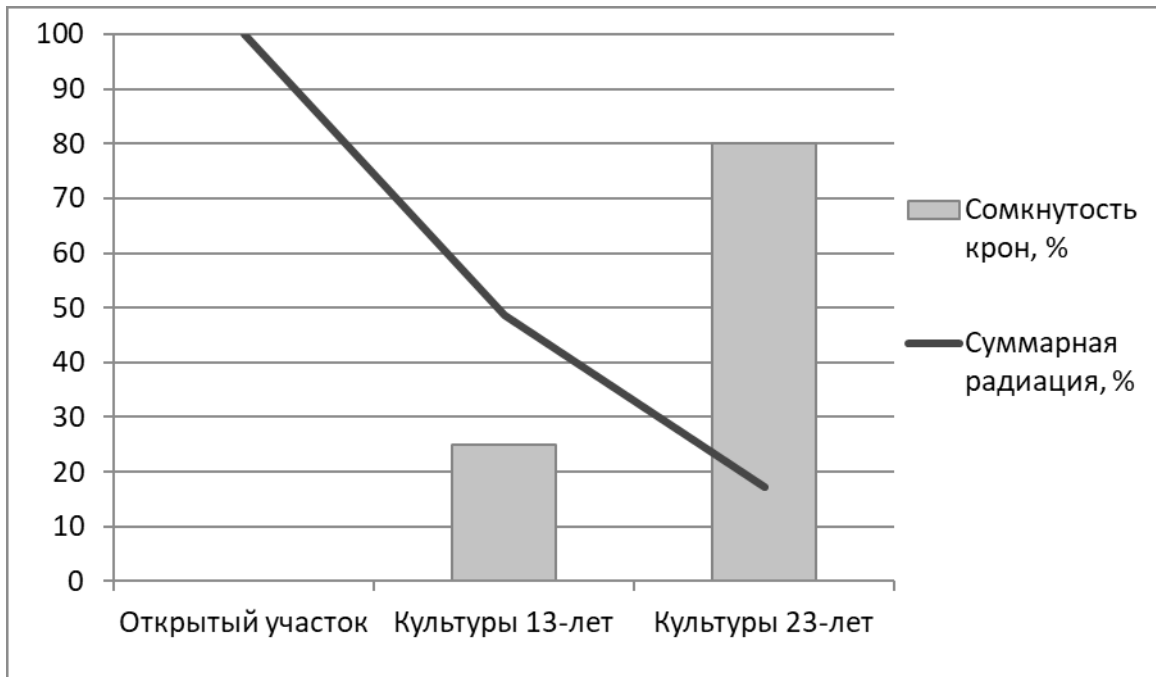


Рис. 1. Величина суммарной солнечной радиации на открытом участке и в культурах сосны обыкновенной разного возраста

часть которых выпадает в теплое время года)[9]. Почвенный покров района исследования представлен преимущественно серыми лесными почвами [11].

Изучение радиационного режима лесного сообщества и состава травяного яруса проводилось в культурах сосны обыкновенной, созданных на вырубках коренных березовых лесов. Первый этап исследований был осуществлен в 2007 году, когда возраст сосновых культур составлял 13 лет. Средняя высота деревьев сосны — 7 м, средний диаметр 8,6 см. Сомкнутость крон древостоя составляла менее 25% (культуры были сомкнуты в рядах и не сомкнуты в междурядьях). Через 10 лет в этих же насаждениях были проведены повторные исследования. К этому времени произошло смыкание крон древостоя (сомкнутость 80%), средняя высота деревьев составляла 15 м, средний диаметр 14,8 см.

Стационарные пробные площади включали не менее 200 деревьев основной породы. Для учета растений травяного яруса на каждой пробной площади по параллельным трансектам были заложены не менее чем по 20 учетных площадок размером 1×1 м. По данным трансектам через каждые 5 метров проводилось измерение суммарной солнечной радиации термоэлектрическим пиранометром М-80М по общепринятой методике [13]. Одновременно с этими измерениями суммарная солнечная радиация определялась на открытом участке. Измерения проводились в дни с однотипной погодой —

ясной, или малооблачной (облачность до 2 баллов), с 12 до 14 часов местного времени.

Учеты растительности травяного яруса проводились по методике А.П. Шенникова [17]. Принадлежность видов к экологическим группам по отношению к световому режиму определялась с использованием экологических шкал Д.Н. Цыганова [15]. Эколого-ценотические группы растений выделялись по А.В. Ронгинской [14]. Латинские и русские названия видов приведены по И.А. Губанову и др.[5,6,7].

### Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что в несомкнутых сосновых культурах 13-летнего возраста величина поступающей к земной поверхности суммарной солнечной радиации в среднем составляла 48,7% от солнечной радиации открытого участка (рис. 1).

Растения травяного яруса распределялись по площади относительно неравномерно: максимальное обилие трав наблюдалось в междурядьях, где к земной поверхности поступало наибольшее количество солнечных лучей; минимальное обилие — в рядах, где интенсивность солнечной радиации была значительно ниже. Травяной ярус достаточно густой, среднее проективное покрытие почвы растительностью находилось в пределах 75–80%. Общий список растений травяного яруса 13-летних куль-

Таблица 1. Видовой состав и обилие видов травяного яруса культур сосны обыкновенной до и после смыкания крон

Виды растений	Культуры сосны 13 лет	Культуры сосны 23 лет
<b>Семейство Apiaceae</b>		
Бедренец камнеломковый ( <i>Pimpinella saxifraga</i> L.)	cop <sub>1</sub>	sol
Борщевик сибирский ( <i>Heracleum sibiricum</i> L.)	sol	-
Дудник лесной ( <i>Angelica sylvestris</i> L.)	sol	sol
Жгун-корень ( <i>Kadenia dubia</i> Lavrova et V. Tichom.)	sol	sol
Порезник сибирский ( <i>Libanotis sibirica</i> (L.) WDJ. Koch)	sp	sol
Реброплодник уральский ( <i>Pleurospermum uralense</i> Hof.)	sol	-
<b>Семейство Asteraceae</b>		
Бодяк щетинистый ( <i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bess)	cop <sub>1</sub>	sol
Василек луговой ( <i>Centaurea jacea</i> L.)	sol	-
Василек шероховатый ( <i>Centaurea scabiosa</i> L.)	cop <sub>1</sub>	sol
Девясил иволистный ( <i>Inula salicina</i> L.)	sol	-
Золотарник обыкновенный ( <i>Solidago virgaurea</i> L.)	sol	sol
Молокан сибирский ( <i>Lactuca sibirica</i> L.)	sol	-
Молокан татарский <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey.	sol	-
Одуванчик лекарственный ( <i>Taraxacum officinale</i> Wigg)	sol	-
Полынь обыкновенная ( <i>Artemisia vulgaris</i> L.)	sol	-
Скерда сибирская ( <i>Crepis sibirica</i> L.)	sol	-
Тысячелистник азиатский ( <i>Achillea asiatica</i> Serg)	sp	sol
Тысячелистник обыкновенный ( <i>Achillea millefolium</i> L.)	sp	sol
Ястребинка зонтичная ( <i>Hieracium umbellatum</i> L.)	sol	-
<b>Семейство Boraginaceae</b>		
Медуница неясная ( <i>Pulmonaria obscura</i> Dum.)	-	sol
<b>Семейство Campanulaceae</b>		
Бубенчик лилиелистный ( <i>Adenophora lilifolia</i> L.)	sol	-
<b>Семейство Caryophyllaceae</b>		
Звездчатка злаковая ( <i>Stellaria graminea</i> L.)	sol	-
Смолевка обыкновенная ( <i>Silene wallichiana</i> Klotzsch)	sol	sol
Смолевка поникшая ( <i>Silene nutans</i> L.)	sol	sol
<b>Семейство Convallariaceae</b>		
Купена лекарственная ( <i>Polygonatum officinale</i> All.)	sol	sp
<b>Семейство Convolvulaceae</b>		
Вьюнок полевой ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.)	sp	-
<b>Семейство Crassulaceae</b>		
Очиток пурпурный ( <i>Sedum purpureum</i> (L.) Schult.)	sol	-
<b>Семейство Equisetaceae</b>		
Хвощ полевой ( <i>Equisetum arvense</i> L.)	sol	sol
<b>Семейство Ericaceae</b>		
Грушанка круглолистная ( <i>Pyrola rotundifolia</i> L.)	-	sp
Ортилия однобокая ( <i>Orthilia secunda</i> (L.) House)	-	sp
<b>Семейство Fabaceae</b>		
Горошек заборный ( <i>Vicia sepium</i> L.)	sol	-
Горошек мышиный ( <i>Vicia cracca</i> L.)	sol	-
Клевер люпиновый ( <i>Trifolium lupinaster</i> L.)	sol	-
Чина гороховидная ( <i>Lathyrus pisisiformis</i> L.)	sol	sol
Чина луговая ( <i>Lathyrus pratensis</i> L.)	sol	-
Чина лесная ( <i>Lathyrus sylvestris</i> L.)	sol	sol

Таблица 1 (продолжение). Видовой состав и обилие видов травяного яруса культур сосны обыкновенной до и после смыкания крон

Виды растений	Культуры сосны 13 лет	Культуры сосны 23 лет
Чина клубненосная ( <i>Lathyrus tuberosus</i> L.)	sol	-
Семейство <b>Geraniaceae</b>		
Герань сибирская ( <i>Geranium sibiricum</i> L.)	sol	-
Семейство <b>Lamiaceae</b>		
Будра плющевидная ( <i>Glechoma hederacea</i> L.)	sol	sol
Душица обыкновенная ( <i>Origanum vulgare</i> L.)	sol	-
Змееголовник Руйша ( <i>Dracocephalum ruyschiana</i> L.)	sol	-
Зопник клубненосный ( <i>Phlomis tuberosa</i> L.)	sol	sol
Семейство <b>Liliaceae</b>		
Лилия саранка ( <i>Lilium martagon</i> L.)	sol	-
Семейство <b>Poaceae</b>		
Вейник тростниковидный ( <i>Calamagrostis arundinacea</i> L.)	cop <sub>2</sub>	sp
Костер безостый ( <i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub)	cop <sub>1</sub>	-
Лисохвост луговой ( <i>Alopecurus pratensis</i> L.)	cop <sub>2</sub>	-
Мятлик узколистый ( <i>Poa angustifolia</i> L.)	cop <sub>3</sub>	sp
Мятлик луговой ( <i>Poa pratensis</i> L.)	cop <sub>2</sub>	-
Полевица гигантская ( <i>Agrostis gigantea</i> Roth.)	cop <sub>2</sub>	sol
Пырей ползучий ( <i>Elytrigia repens</i> L.)	cop <sub>2</sub>	sol
Семейство <b>Polygonaceae</b>		
Щавель кислый ( <i>Rumex acetosa</i> L.)	sol	-
Семейство <b>Plantaginaceae</b>		
Подорожник степной ( <i>Plantago stepposa</i> Kuprian.)	sol	sol
Семейство <b>Ranunculaceae</b>		
Василистник малый ( <i>Thalictrum minus</i> L.)	sol	sol
Василистник простой ( <i>Thalictrum simplex</i> L.)	sol	-
Ветреница лесная ( <i>Anemone sylvestris</i> L.)	sol	sol
Лютик многоцветковый ( <i>Ranunculus polyanthemus</i> L.)	sol	-
Семейство <b>Rosaceae</b>		
Костяника каменистая ( <i>Rubus saxatilis</i> L.)	sol	sp
Клубника зеленая ( <i>Fragaria viridis</i> Duch.)	cop <sub>3</sub>	sp
Лапчатка серебристая ( <i>Potentilla argentea</i> L.)	sol	-
Репешок волосистый ( <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.)	sol	sol
Таволга степная ( <i>Filipendula stepposa</i> Juz.)	sol	-
Таволга обыкновенная ( <i>Filipendula vulgaris</i> Moench)	sol	sol
Семейство <b>Rubiaceae</b>		
Подмаренник северный ( <i>Galium boreale</i> L.)	sol	-
Подмаренник настоящий ( <i>Galium verum</i> L.)	sol	-
Семейство <b>Scrophulariaceae</b>		
Вероника колосистая ( <i>Veronica spicata</i> L.)	sol	-
Льнянка обыкновенная ( <i>Linaria vulgaris</i> Mill.)	sol	-
Семейство <b>Violaceae</b>		
Фиалка полевая ( <i>Viola arvensis</i> Murr.)	sol	sol

Примечание: Обилие видов по шкале Друде: cop<sub>3</sub> — вид встречается очень обильно; cop<sub>2</sub> — вид встречается обильно; cop<sub>1</sub> — вид встречается довольно обильно; sp — вид встречается рассеянно; sol — единичные растения.

Таблица 2. Экологический и эколого-ценотический состав травяного яруса культур сосны обыкновенной (% от общего числа видов яруса)

Группы растений	Культуры сосны 13 лет	Культуры сосны 23 лет
<b>Экологические группы по отношению к свету</b>		
Гелиофиты	82,8	17,2
Семигелиофиты	62,5	37,5
<b>Эколого-ценотические группы</b>		
Березняковые	32,8	43,8
Луговые	34,4	15,6
Лесостепные	20,3	18,8
Боровые	3,1	12,5
Сорные	9,4	9,4

тур включал 64 вида 52 родов 21 семейства (табл. 1). Наиболее представленными по числу видов семействами являлись Asteraceae (20,3%), Poaceae (10,9%), Fabaceae, Apiaceae, Rosaceae (по 9,4%).

По прошествии 10 лет повторные исследования в уже сомкнувшихся сосновых культурах показали, что количество суммарной солнечной радиации, проникающей к нижним ярусам лесных насаждений, снизилось до 17,2% от радиации открытой местности. Такое существенное ухудшение светового режима отразилось на состоянии травяного покрова: после смыкания крон древостоя произошла элиминация из напочвенного покрова многих светолюбивых видов растений. Результатом этих процессов явилось снижение видовой разнообразия и обилия видов травяного яруса. Среднее проективное покрытие почвы травами составило здесь 15–20%. В составе яруса было отмечено лишь 32 вида 28 родов 12 семейств. В сравнении с 13-летними культурами, существенно снизилась доля видов семейства Asteraceae (до 13,3%) и Fabaceae (3,3%). Несколько возрос вклад семейств Rosaceae и Poaceae (16,7 и 13,3%), что объясняется общим снижением числа семейств в составе яруса. Важно отметить, что в 23-летних культурах впервые отмечено появление типичных для естественных сосновых лесов видов семейства Ericaceae: *Orthilia secunda* и *Pyrola rotundifolia*. Наличие этих видов в травяном ярусе свидетельствует о том, что в сомкнутых насаждениях для них сформировались достаточно комфортные условия, в частности благодаря устранению конкуренции со стороны большей части светолюбивых видов, господствовавших в молодых культурах сосны.

Экологический анализ видового состава травяного яруса до и после смыкания крон древостоя показал, что в состав исследуемых сообществ входят две группы видов растений по отношению к световому режиму: ге-

лиофиты (светолюбивые) и семигелиофиты (теневыносливые). Установлено, что во всех исследуемых лесных ценозах преобладают светолюбивые виды трав, однако в несомкнутых культурах сосны доля гелиофитов составляет в среднем 82,8%, а в сомкнувшихся культурах 62,5% (табл. 2).

Необходимо также отметить, что светолюбивые виды, сохранившиеся после смыкания древостоев, значительно снижают обилие в травяном ярусе 23-летних сосновых насаждений. Так, гелиофиты *Fragaria viridis* и *Poa angustifolia*, которые характеризовались очень высоким обилием в молодых культурах сосны, в сомкнувшихся сосняках встречались рассеянно; *Cirsium setosum*, *Pimpinella saxifrage*, *Centaurea scabiosa* уменьшили представленность в травяном ярусе с *cop*<sub>1</sub> до *sol*. Напротив, многие теневыносливые виды трав после смыкания крон сосны увеличили обилие (*Rubus saxatilis*, *Polygonatum officinale*, *Pulmonaria obscura*, *Orthilia secunda*, *Pyrola rotundifolia*).

Анализ эколого-ценотической приуроченности видов травяного покрова показал, что в открытых сосновых ценозах 13-летнего возраста преобладали светолюбивые виды луговой эколого-ценотической группы (34,4%). После смыкания крон древостоя доля видов этой группы снизилась более чем в 2 раза. Светолюбивые лесостепные виды также снизили свою представленность в травяном ярусе (до 18,8%). Наряду с этим, доля теневыносливых видов лесных сообществ после смыкания крон сосны заметно возросла: виды березняковой ЭЦГ увеличили представленность в ярусе с 32,8 до 43,8%, а доля боровых видов выросла в 4 раза (до 12,5%). Вклад сорных видов в сложение травяного яруса за 10 лет не изменился и составил 9,4% от общего числа видов, однако обилие этих видов существенно снизилось и не превышало *sp-sol* по шкале Друде.

Выводы

1. В несомкнутых культурах сосны 13-летнего возраста к земной поверхности поступает в среднем 48,7% от суммарной солнечной радиации открытого участка. В культурах сосны 23-летнего возраста с сомкнутостью крон 80% доля поступающей суммарной радиации снижается до 17,2%.
2. В культурах 13-летнего возраста травяной ярус включает 64 вида 52 родов 21 семейства. Наиболее представлены по числу видов семейства Asteraceae (20,3%) и Poaceae (10,9%). В травостое 23-летних культур отмечено 32 вида 28 родов

- 12 семейств. Снизилась доля видов семейств Asteraceae (до 13,3%) и Fabaceae (3,3%); увеличилась представленность семейств Rosaceae (16,7%), Poaceae (13,3%) и Ericaceae (6,3%).
3. Во всех исследуемых сообществах преобладают светолюбивые виды трав, причем в несомкнутых культурах сосны доля гелиофитов составляет в среднем 82,8%, а в сомкнувшихся сосняках — 62,5%.
4. После смыкания крон сосновых древостоев в травяном ярусе снижается доля видов луговой ЭЦГ (на 18,8%), увеличивается представленность безрезняковых и борových видов (на 11,0 и 9,4% соответственно).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Световой режим леса. Л.: Наука, 1975. — 225 с.
2. Богданова А.Ю., Кулясова О.А. Особенности радиационного режима в культурах сосны обыкновенной разного возраста // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2019. — С. 148–153.
3. Волкорезов В.И., Лаврова О.П., Петухов Н.В., Нефедов А.А. Влияние сомкнутости крон древостоя на количественные показатели доминантов травяно-кустарничкового яруса сосняков Нижегородского Поволжья // Вестник Нижегородского ун-та. Серия: Биология. 1999. № 1. С. 11–14.
4. Гедых В.Б., Мироненко В.И. Освещенность и живой напочвенный покров в сосновых культурах разного возраста // Лесоведение. 1999. № 2. С. 68–76.
5. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). М.: КМК, 2002. — 526 с.
6. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: КМК, 2003. — 665 с.
7. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 3. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: КМК, 2004. — 520 с.
8. Дамбиев Э.Ц., Тулохонов А.К. Влияние факторов среды на взаимоотношения соснового леса и степи в степных котловинах Байкальского региона // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. — 2018. — № 4. — С. 87–89.
9. Иваненко А.С., Кулясова О.А. Агроклиматические условия Тюменской области. Тюмень: Изд-во ТГСХА, 2008. — 206 с.
10. Косарев В.П., Андрищенко Т.Т. Лесная метеорология с основами климатологии. Санкт-Петербург: Лань, 2009. — 288 с.
11. Кулясова О.А. Плодородие темно-серых лесных почв под культурами сосны обыкновенной разного возраста в Северной лесостепи Западной Сибири // АПК России. — 2017. — Т. 24. — № 5. — С. 1103–1110.
12. Луганский Н.А., Залесов С.В., Щавровский В.А. Лесоведение. Екатеринбург, Изд-во УрГЛА, 1996. — 373 с.
13. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск № 5. Актинометрические наблюдения. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Москва, 1997. — 223 с.
14. Ронгинская А.В. Динамические процессы в луговых фитоценозах. Новосибирск: Наука, 1988. — 159 с.
15. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. — 197 с.
16. Шарый П.А., Шарая Л.С., Сидякина Л.В., Саксонов С.В. Влияние солнечной энергии и сомкнутости крон деревьев на богатство видов травянистой растительности юга лесостепи // Сибирский экологический журнал. 2017. Т. 24. № 5. С. 539–552.
17. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. — 447 с.
18. Holeksa Ja. Relationship between field-layer vegetation and canopy openings in a Carpathian subalpine spruce forest / Ja. Holeksa // Plant Ecology. — 2003. — Vol. 168. — No 1. — P. 57–67.

© Кулясова Оксана Алексеевна ( oksana-2505kul@mail.ru ), Касторнова Марина Геннадьевна ( morskae.t90@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»