

15. Jafarov V., Mustafaev Z. Effectiveness of applying fertilizers under watermelon on the meadow-grey soils in mughan-salyan zone // Bulletin of Science and Practice. 2023. V. 9. № 2. P. 98-106.

16. Nurmanov E. T., Khamzina B. N. Optimization of the mineral nutrition conditions of mustard // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2023. № 1-1 (116). Pp. 62-72.

Информация об авторе

Лытов Михаил Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. директора, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Authors Information

Lytov Michail Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Acting director, Volgograd branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov» (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-15

VITALITY OF PINE PLANTATIONS WITHIN THE CITY OF BARNAUL

A. A. Malinovskikh, *Candidate of Biological Sciences, Associate Professor*

A. S. Chichkarev, *assistant of the department*

*Altai State Agricultural University
Barnaul, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: almaal1976@yandex.ru

Received 16.03.2023

Submitted 15.08.2023

The study was carried out as part of the implementation of project of the Russian Science Foundation № 23-26-00198

Summary

The article presents the results of assessing vitality of pine plantations under long-term recreational load. The research results showed that the relative vitality of forest stands and undergrowth is characterized as damaged and weakened, regardless of the type of forest. The results can be used to develop recommendations for forest management in suburban forests.

Abstract

Introduction. The rapid growth of cities, the increase in the proportion of the urban population brought to the fore the problems of urban ecology and environmental protection. The preservation of natural forests and the creation of protective green spaces in and around the city contributes to a more comfortable and ecological living. A large amount of research on forest plantations is carried out in densely populated regions of the world within urban limits, as well as in suburban forests. **Object.** The object of the study is pine plantations in fresh and grassy forests subject to recreational load. **Materials and methods.** The work was carried out in the forest reserve of the Barnaul forestry, located within the urban district of Barnaul. At 12 permanent sample plots, the stages of recreational digression, taxation and vitality of the forest stand were assessed, the study of natural regeneration of the forest using methods generally accepted in the forest science was carried out. **Results and conclusions.** Pine plantations within the city of Barnaul are subject to long-term anthropogenic load, which is expressed in the form of I-II stages of recreational digression in the grassy forest, II-III stages in the fresh forest. The index of vitality of forest stands shows that in the grassy forest its range is 46.58-78.00 (mean 60.13), in the fresh forest 46.11-80.81 (mean 65.18) and corresponds to the "damaged" vitality in most of the surveyed areas. The distribution of trees according to diameter classes in pine forest stands corresponds to the normal distribution in both types of forests, except for individual areas where the process of natural thinning occurs. Under the influence of recreational load, the main indicators of natural regeneration of the forest change – density, age structure, vitality. The density of undergrowth in the

grassy forest is 0.8-2.9 thousand pieces/ha, in the fresh forest it is 3.4-8.8 thousand pieces/ha, while the frequency of undergrowth in the grassy forest is 2 times lower than in the fresh forest. The index of vitality of undergrowth in the grassy forest is 46.8-65.7 (mean 58.4), in the fresh forest 64.3-76.2 (mean 68.9), which characterizes it in most of the surveyed forest areas as «weakened».

Key words: *tree stand, undergrowth, vitality, recreational load, Scots pine, forest belt.*

Citation. Malinovskikh A. A., Chichkarev A. S. Vitality of pine plantations within the city of Barnaul. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 152-162 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-15.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 630.181

ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЧЕРТЕ Г. БАРНАУЛА

А. А. Малиновских, кандидат биологических наук, доцент

А. С. Чичкарев, ассистент

ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет

г. Барнаул, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках гранта Российского Научного Фонда.

Соглашение № 23-26-00198

Актуальность. Быстрый рост городов, увеличение доли городского населения вывели на первый план проблемы урбоэкологии, охраны окружающей среды. Сохранение естественных лесных массивов и создание защитных зеленых насаждений внутри города и вблизи него позволяют сделать уровень проживания более комфортным и экологичным. Большое количество исследований в сфере лесных насаждений проводится в густонаселенных регионах мира в пределах городской черты, а также в пригородных лесах. **Объекты.** Объектом исследования являются сосновые насаждения в свежем и травяном бору, подверженные рекреационной нагрузке. **Материалы и методы.** Работы выполнялись в лесном фонде Барнаульского лесничества, расположенного в черте городского округа г. Барнаула. На 12 постоянных пробных площадях (ППП) выполнена оценка стадий рекреационной дигрессии, таксации и жизненного состояния древостоя, изучение естественного возобновления леса общепринятыми в лесной науке методами. **Результаты и выводы.** Сосновые насаждения в черте г. Барнаула подвержены длительной антропогенной нагрузке, которая выражена в виде I-II стадии рекреационной дигрессии в травяном бору, II-III стадии в свежем бору. Индекс жизненного состояния древостоев показывает, что в травяном бору его диапазон составляет 46,58-78,00 (среднее 60,13), в свежем бору 46,11-80,81 (среднее 65,18) и соответствует «поврежденному» жизненному состоянию на большинстве обследованных участков. Распределение деревьев по ступеням толщины в сосновых древостоях соответствует нормальному в обоих типах леса, кроме отдельных участков, где происходит процесс естественного изреживания. Под влиянием рекреационной нагрузки происходит изменение основных показателей естественного возобновления леса – густоты, возрастной структуры, жизненного состояния. Густота подроста в травяном бору 0,8-2,9 тыс. шт./га, в свежем бору 3,4-8,8 тыс. шт./га, при этом встречаемость подроста в травяном бору в 2 раза ниже, чем в свежем бору. Индекс жизненного состояния подроста в травяном бору составляет 46,8-65,7 (среднее 58,4), в свежем бору 64,3-76,2 (среднее 68,9), что характеризует его на большинстве обследованных участков леса как «ослабленный».

Ключевые слова: *древостои, сосновые насаждения, состояние насаждений, урбоэкология, защитные лесные насаждения, ленточные боры.*

Цитирование. Малиновских А. А., Чичкарев А. С. Жизненное состояние сосновых насаждений в черте г. Барнаула. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 152-162. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-15.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Быстрый рост городов, увеличение доли городского населения выдвинули на первый план проблемы урбэкологии, охраны окружающей среды. Сохранение естественных лесных массивов и создание защитных зеленых насаждений внутри города и вблизи него позволяют сделать проживание более комфортным и экологичным. Большое количество исследований в отношении лесных насаждений проводится в густонаселенных регионах мира в пределах городской черты, а также в пригородных лесах [10, 12]. Доля городских лесов в европейских странах варьирует от 0,1 до 26,3%, а доля пригородных лесов от 1 до 65%. Возникают проблемы, которые приводят к исчезновению этих лесов: вырубки, фрагментация, неправильное управление лесами, изменение среды обитания, ухудшение состояния окружающей среды, интенсивное использование лесов [13].

Воздействие рекреации на лесные сообщества в пригородных лесах изучалось в нашей стране в отношении практически всех компонентов леса: древостоя, подроста, подлеска, почвы и др. [1, 2]. Вытаптывание приводит к обеднению видового состава, разрушению лесной подстилки, гибели самосева и подроста ценных пород [7, 8]. Наиболее устойчивым компонентом леса к длительному рекреационному воздействию является древостой. Это связано с долговечностью большинства хвойных и лиственных древесных пород, их биологической и экологической устойчивостью, пластичностью, способностью выдерживать периодические нагрузки и восстанавливаться после них. Однако при увеличении нагрузок древостой разрушается, что влечет за собой деградацию лесного насаждения, т.к. городская среда является агрессивной по отношению к биологическим видам [6, 9, 11, 14].

Бореальные леса, к которым относятся ленточные боры Западной Сибири, занимают площадь 1,13 млн. га. Это почвозащитные водоохранные сосновые леса, создающие естественный лесной «заслон» на пути сухих юго-западных ветров в Кулундинской степи и на Приобском плато. Ленточные боры и созданная в 50-е гг. XX в. система защитных лесных полос позволяет получать устойчивые урожаи в степной зоне Алтайского края [3]. В настоящее время вблизи г. Барнаула эти леса подвержены длительной рекреационной и аэротехногенной нагрузке. Степень антропогенной трансформации лесных насаждений пригородных лесов г. Барнаула является неизученной. Поэтому мониторинг состояния сосновых лесных насаждений в лесах зеленой зоны г. Барнаула является актуальным.

Цель работы – комплексная оценка жизненного состояния сосновых насаждений, подверженных многолетней рекреационной нагрузке в черте г. Барнаула, а также выявление различий в состоянии компонентов лесных насаждений на лесотипологической основе.

Материалы и методы. Работы выполнялись в лесном фонде Барнаульского лесничества, расположенного в черте городского округа г. Барнаула, в Барнаульском участковом лесничестве (53°16' с. ш., 83°44' в. д.). Для изучения были выбраны наиболее распространенные в лесном фонде типы леса: свежий (западинный) бор (Свб), развивающийся в свежих почвенно-грунтовых условиях (А2) и травяной бор (Трб), развивающийся во влажных почвенно-грунтовых условиях (А3). Объекты исследования – сосновые насаждения в свежем и травяном бору, подверженные рекреационной нагрузке, где подобраны и заложены 12 постоянных пробных площадей (ППП) размером 50×50 м (0,25 га) (таблица 1).

Таблица 1 – Лесоводственно-таксационные параметры сосновых древостоев в
Барнаульском участковом лесничестве

Table 1 – Silvicultural and taxation parameters of pine stands within the
Barnaul district forestry

ППП №	Состав древостоя	Ярусы, вы- сота, м	Элемент леса	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Класс бонитета	Полнота, ед.	Запас на 1 га, м ³	
									сырора- стущий	сухо- стой
Тип леса: травяной бор										
1	7С2С1С+Б	1, 26	С С С Б	150 120 95 90	27 25	40 28	II	0,7	483,03	-
2	5С4С1Б	1, 26	С С Б	120 90 90	28 25 25	48 30 28	II	0,6	336,08	2,94
3	7С2С1С+Б	1, 28	С С Б	130 95 95	30 26 26	48 32 30	I	0,5	308,46	-
4	4С3С3С+Б	1, 26	С Б С	120 88	26 26	30 28	I	0,7	227,72	-
5	6С3С1Б+С	1, 27	С С Б С	130 95 95 60	28 26 26	48 32 32	II	0,5	355,12	1,00
6	7С2С1Б+С	1, 27	С С Б Б С	130 95 95 70 60	28 26 25	48 36 32	II	0,5	373,37	-
Тип леса: свежий бор										
7	7С2С1С	1, 22	С С С	120 95 70	26 23 18	44 26 18	II	0,8	364,97	-
8	6С3С1С	1, 21	С С С	130 85 35	25 20 14	44 22 14	III	0,6	284,89	-
9	10С+С	1, 21	С С	100 75	21	20	II	0,8	353,58	1,00
10	6С4С+Б	1, 22	С С Б	110 85 85	24 21	36 22	III	0,9	316,78	3,88
11	6С4С+С	1, 22	С С С	120 95 70	25 22 18	44 26 18	III	0,8	395,8	-
12	5С3С2С+С +Б	1, 22	С С С С Б	130 90 85 65 40	25 21 16	44 26 16	III	0.6	310,69	-

В пределах каждой пробной площади выполнен сплошной пере́чет древостоя, у каждого дерева в двух направлениях измерялся диаметр на высоте 1,3 м мерной вилкой с точностью до 1 см, высотомером Suunto PM-5/1520 высота дерева с точностью до 0,25°. Возраст деревьев определялся подсчетом годичных колец на кернах, взятых у 5-10 модельных деревьев по основным ступеням толщины с помощью возрастного бурава.

Стадии рекреационной дигрессии определяли трансектным методом по отношению площади вытоптанной до минерального горизонта поверхности напочвенного покрова к общей площади обследуемого участка леса в соответствии с ОСТ 56-69-83.

Категории жизненного состояния деревьев на участках леса определялись по методике В. А. Алексеева, где используется следующая шкала: 1 – здоровое дерево; 2 – поврежденное (ослабленное) дерево; 3 – сильно поврежденное (сильно ослабленное) дерево; 4 – отмирающее дерево; 5 – сухостой. Индексы жизненного состояния древостоев и подроста рассчитаны с использованием формул (по В. А. Алексееву, 1989).

Для оценки состояния естественного возобновления леса (подроста) на каждой ППП были заложены учетные площадки равномерным способом в количестве 30 штук размером 2×2 м. На учетных площадках был подсчитаны всходы и подрост главной, а также второстепенных пород. Подрост распределяли по группам высот: мелкий (не выше 0,5 м), средний (0,6-1,5 м), крупный (выше 1,5 м); группам возраста: всходы, 2-5, 6-10, 11-15, более 16 лет; группы жизненного состояния: здоровый (благонадежный), ослабленный (сомнительный), отмирающий (неблагонадежный) (Методы изучения лесных сообществ, 2002).

Результаты и обсуждение. Наибольшее внимание к древостою среди других компонентов лесного насаждения объясняется тем, что именно древостой является средообразующим компонентом, оказывая ведущее влияние на остальные компоненты лесной экосистемы.

В сосновых древостоях, насаждения в которых подвержены разной степени рекреационной нагрузке, деревья дифференцируются по жизненному состоянию и визуально определяются по степени поврежденности кроны (таблица 2).

Таблица 2 – Распределение деревьев по категориям жизненного состояния в черте г. Барнаула

Table 2 – Distribution of trees by categories of vitality within the city of Barnaul

ППП №	Стадия рекреационной дигрессии	Категория жизненного состояния					Итого, шт./га	L _n , %	Относительное жизненное состояние древостоев
		1	2	3	4	5			
Тип леса: травяной бор									
1	II	220	128	40	20	16	424	73,25	Поврежденный
2	I	128	156	52	48	52	436	54,93	Поврежденный
3	I	56	60	84	8	0	208	47,10	Поврежденный
4	I	76	48	52	4	0	180	60,93	Поврежденный
5	I	92	100	16	0	0	208	78,00	Поврежденный
6	I	64	56	40	60	8	228	46,58	Сильно поврежденный
Тип леса: свежий бор									
7	II	60	320	128	92	24	624	46,11	Сильно поврежденный
8	III	304	132	76	40	12	564	70,57	Поврежденный
9	II	452	244	108	60	16	880	71,04	Поврежденный
10	II	316	268	108	152	72	916	55,73	Поврежденный
11	II	404	290	110	86	20	910	66,82	Поврежденный
12	II	252	160	16	20	4	452	80,81	Здоровый

Примечание: индекс жизненного состояния древостоя L_n, %

Тип леса травяной бор имеет невысокие значения жизненного состояния древостоев в диапазоне 46,58-78,00, что в среднем составляет 60,13 и соответствует «поврежденному» древостою согласно шкале В. А. Алексеева. Сосновые насаждения на ППП № 1-5 в травяном бору имеют «поврежденные», а на ППП № 6 «сильно поврежденные» древостои, несмотря на разную рекреационную нагрузку. Из обследованных в типе леса травяной бор участков II стадия рекреационной дигрессии отмечена нами на ППП № 1, на остальных участках рекреационная дигрессия достигла только I стадии. Сильно поврежденный древостой на ППП №6 по нашему мнению не связан с рекреационной нагрузкой, а связан с отсутствием лесоводственного ухода за лесом в данном выделе.

Тип леса свежий бор имеет несколько более высокие значения жизненного состояния древостоев в диапазоне 46,11-80,81, что в среднем составляет 65,18 и соответствует «поврежденному» древостою согласно шкале В. А. Алексеева. Пробные площади в свежем бору заложены вдоль популярной у горожан «трассы здоровья», которая зимой используется как лыжная трасса, а летом как прогулочная, беговая и велодорожка. Поэтому большая часть этих участков имеет повреждения почвы, лесной подстилки, стадия дигрессии достигла II-III. Несмотря на повреждения почвы, древостой имеет более высокие средние значения индекса жизненного состояния, чем в травяном бору. На ППП № 12 древостой характеризуется как здоровый, хотя и по нижней границе, на ППП № 8, 9 значения индекса выше остальных лесных участков.

В целом древостои на пробных площадях характеризуются как разновозрастные, состоящие из нескольких поколений главной древесной породы – сосны. В отдельных случаях (в травяном бору) в формулу состава в пределах до 1 ед. входит второстепенная порода береза. Самое старшее поколение сосны насчитывает 150-130 лет в типе леса травяной бор, 120-130 лет в типе свежий бор. Разновозрастность сосновых древостоев позволяет им сохранять позиционную структуру и выполнять основные функции, несмотря на рекреационную нагрузку на лесные насаждения и отсутствие своевременного лесоводственного ухода в черте г. Барнаула.

Естественное возобновление леса обеспечивает воспроизводство лесной экосистемы, ее целостность и устойчивость. Подрост – будущий древостой, особенно если мы рассматриваем характеристики главной лесобразующей породы. Густота подроста на исследованных пробных площадях варьировала от 1,3 до 8,8 тыс. шт./га (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика подроста в сосновых насаждениях в черте г. Барнаула

Table 3 – Characteristics of undergrowth in pine plantations within the city of Barnaul

ППП №	Стадия рекреац. дигрессии	Всходы сосны, тыс. шт./га	Состав подроста	Средний возраст, лет	Густота, тыс. шт./га	Встречае- мость под- роста, %
Тип леса: травяной бор						
1	II	-	5С5Б	10	1,3	53,3
2	I	0,3	7С3Б	11	2,9	66,7
3	I	-	7С3Б	10	2,1	60,2
4	I	-	6С4Б	15	1,5	55,8
5	I	-	5С5Б	10	2,0	45,0
6	I	0,2	5С4Б1ОС	12	0,8	50,0
Тип леса: свежий бор						
7	II	1,4	6С4Б	10	5,8	96,7
8	III	8,2	10С	12	3,7	100
9	II	0,1	9С1Б	5	8,8	93,3
10	II	2,2	10С	6	6,9	100
11	II	1,2	9С1Б	10	5,5	85,4
12	II	0,5	9С1Б	15	3,4	90,5

Густота подроста в травяном бору составляет 0,8-2,9 тыс. шт./га, встречаемость 45,0-66,7%. Такое распределение подроста по площади является неравномерным, большая часть его угнетена и вытоптана. Состав подроста в травяном и свежем бору характеризуется как смешанный, второстепенной породой входящей в состав подроста является береза повислая, единично отмечено присутствие осины. Доля березы в составе подроста заметно выше в травяном бору по сравнению со свежим бором, где отмечены участки с чистым по составу подростом (ППП № 8, 10). Средний возраст подроста в травяном бору составляет 10-15 лет, число всходов сосны 0,2-0,3 тыс. шт./га.

Густота подроста в свежем бору заметно выше и составляет 3,4-8,8 тыс. шт./га, встречаемость 85,4-100%. Распределение подроста носит более равномерный характер, только на отдельных вытоптаных участках (полянах, тропах) подрост отсутствует. В типе леса свежий бор средний возраст подроста варьирует в интервале 5-15 лет, а число всходов сосны заметно выше и составляет от 0,1 до 8,2 тыс. шт./га. Различия показателей возраста и высоты вполне характерно для естественного возобновления сосны в разновозрастных насаждениях с неравномерной полнотой и густотой в ленточных борах Алтайского края [3-5]. Встречаемость подроста заметно выше на участках в свежем бору, чем на участках в травяном бору, что связано в первую очередь с рекреационной нагрузкой в лесных насаждениях.

Под влиянием рекреационной нагрузки меняется возрастная структура естественного возобновления леса (таблица 4).

Таблица 4 – Распределение подроста сосны по группам возраста, тыс. шт./га

Table 4 – Distribution of pine undergrowth by age classes, thousand pieces/ha

ППП №	Стадия рекреационной дигрессии	Группы возраста, лет				Итого, тыс. шт./га
		2-5	6-10	11-15	Больше 16	
Тип леса: травяной бор						
1	II	-	0,6	0,3	0,4	1,3
2	I	2,2	0,4	0,2	0,1	2,9
3	I	0,4	0,5	0,9	0,3	2,1
4	I	0,2	0,3	1,0	-	1,5
5	I	1,0	1,2	0,8	-	2,0
6	I	0,5	0,2	0,1	-	0,8
Тип леса: свежий бор						
7	II	1,1	3,4	1,1	0,2	5,8
8	III	2,3	0,6	0,5	0,3	3,7
9	II	6,7	0,9	0,7	0,5	8,8
10	II	5,1	1,7	0,1	-	6,9
11	II	3,4	0,7	1,1	0,3	5,5
12	II	1,2	0,6	1,3	0,3	3,4

Тип леса травяной бор характеризуется неравномерной возрастной структурой естественного возобновления на обследованных участках леса. Даже незначительная рекреационная нагрузка приводит к «выпадению» отдельных поколений в составе подроста. На ППП № 1, где отмечена II стадия рекреационной дигрессии, отсутствует подрост группы 2-5 лет, т.к. подвержен вытаптыванию в первую очередь. В дальнейшем отсутствующий подрост не сможет сменить старшее поколение леса в составе молодняка и древостоя (ППП № 4-6). Впрочем, по нашим наблюдениям рекреационной нагрузке подвержены все возрастные группы подроста как хвойного, так и лиственного: их вытаптывают, ломают, срубают, проезжают по ним на автомашинах и т.д.

В свежем бору возрастная структура также имеет неравномерный характер и сходную закономерность в распределении возрастных групп в зависимости от рекреационной нагрузки. Подрост возрастной группы 2-5 преобладает на большинстве обследованных участках (ППП № 8-12), однако имеет угнетенную жизненную структуру в результате постоянного вытаптывания посетителями леса. Подрост этой группы отмирает в значительном количестве (уходит в отпад), т.к. в старшие группы (6-10 лет и др.) переходит заметно меньшая доля подроста.

Жизненное состояние подроста на участках леса складывается из соотношения здоровых, ослабленных или отмирающих растений лесообразующей породы (таблица 5).

Таблица 5 – Распределение подроста по категориям жизненного состояния в черте г. Барнаула

Table 5 – Distribution of undergrowth by categories of vitality within the city of Barnaul

ППП №	Стадия ре- креац. ди- грессии	Категории состояния			Итого, тыс. шт./га	C _n ,%	Относительное жизненное со- стояние подростa
		Здоров.	Ослабл.	Отмир.			
Тип леса: травяной бор							
1	II	-	0,5	0,8	1,3	46,8	Сильно ослабл.
2	I	0,8	1,1	1,0	2,9	64,4	Ослабл.
3	I	0,5	1,0	0,6	2,1	65,7	Ослабл.
4	I	0,2	0,7	0,6	1,5	58,0	Ослабл.
5	I	0,3	0,8	0,9	2,0	56,5	Ослабл.
6	I	0,1	0,4	0,3	0,8	58,8	Ослабл.
Тип леса: свежий бор							
7	II	0,5	4,5	0,8	5,8	67,4	Ослабл.
8	III	0,1	3,1	0,5	3,7	64,3	Ослабл.
9	II	4,0	2,2	2,6	8,8	72,1	Ослабл.
10	II	3,0	2,7	1,2	6,9	76,2	Ослабл.
11	II	0,6	4,0	0,9	5,5	67,2	Ослабл.
12	II	0,2	2,8	0,4	3,4	66,7	Ослабл.

Примечание: индекс жизненного состояния подроста C_n, %

Тип леса травяной бор имеет сильно ослабленный и ослабленный подрост на всех обследованных ППП. Это вполне объяснимо тем, что на ППП № 1 с сильно ослабленным подростом нами отмечена II стадия рекреационной дигрессии, тогда как на ППП № 2-6 отмечена I стадия дигрессии. Здоровый подрост сосны на ППП № 1 полностью отсутствует, он вытоптан рекреантами и замещен ослабленным и отмирающим подростом главной породы. На ППП № 2-6 рекреационная обстановка меняется, т.к. участки расположены дальше от основной дороги ведущей в лесной массив. Тем не менее здесь преобладает (60-70% от общего количества) ослабленный и отмирающий подрост, по причине интенсивного вытаптывания посетителями леса.

Тип леса свежий бор характеризуется ослабленным жизненным состоянием подроста на всех обследованных участках леса с рекреационной нагрузкой. Заметно вытоптан и угнетен подрост главной породы на ППП № 7, 8, 11, 12, где значения индекса жизненного состояния находятся в интервале 64,3-67,4%. На участках леса, где заложены ППП № 9-10 подрост сосны имеет заметно более высокий индекс жизненного состояния, который составляет 72,1-76,2%. Тип леса свежий бор имеет более высокую густоту подроста, чем травяной бор. Высокая густота подроста по нашему мнению в некоторой степени может компенсировать часть вытоптанного, сломанного, угнетенного рекреантами естественного возобновления леса.

Заключение. Сосновые насаждения в черте г. Барнаула подвержены многолетней рекреационной нагрузке: на отдельных участках леса в травяном бору дигрессия достигла II стадии, в свежем бору III стадии. Распределение древостоев в сосновых насаждениях по ступеням толщины свидетельствует о нормальном распределении деревьев, кроме отдельных насаждений, где требуется проведение рубок ухода. Относительное жизненное состояние древостоев в травяном бору на обследованных участках в целом характеризуется как «поврежденное», на отдельном участке «сильно поврежденное». В свежем бору жизненное состояние древостоев варьирует от «здоровых» к «сильно поврежденным», большая часть насаждений имеет «ослабленные» древостои.

Подрост в условиях типов леса травяной и свежий бор испытывает постоянное негативное влияние рекреации. На отдельных участках леса подвергается вытаптыванию группы возраста 2-5, 6-10 лет, которые в дальнейшем не смогут сменить старшее поколение леса. Сосновые насаждения в типах леса травяной и свежий бор имеют ослабленное жизненное состояние подраста главной породы, т.е. преобладание категорий «ослабленного» и «отмирающего» над «здоровым».

С целью сохранения лесных насаждений Барнаульского лесничества, повышения их биологической устойчивости рекомендуем продолжить исследования по изучению влияния антропогенной нагрузки на лесные экосистемы ленточного бора и подготовке лесохозяйственных рекомендаций на их основе.

Conclusions. Pine plantations within the city of Barnaul are subject to long-term recreational load: in some areas of the grassy forest, digression has reached stage II, in the fresh forest, stage III. The relative vitality of forest stands in the grassy forest in the surveyed areas is generally characterized as «damaged», in a separate area «severely damaged». In the fresh forest, the vitality of stands varies from «healthy» to «severely damaged», most of the plantations have «weakened» stands.

The undergrowth in the fresh and grassy forest types is constantly affected by recreation. In some areas of the forest, age classes of 2-5 and 6-10 years suffer from trampling, and in the future they will not be able to replace the older generation of the forest. Vitality of the undergrowth of the main species of pine plantations in the grassy and fresh forest types is weakened, i.e. the categories of «weakened» and «dying» prevail over «healthy».

In order to preserve the forest plantations of the Barnaul forestry and increase their biological sustainability, we recommend continuing research to study the impact of anthropogenic load on the forest ecosystems of the belt forests and preparing forestry recommendations based on them.

Библиографический список

1. Грязькин А. В., Кочкин А. А., Петрик В. В. Динамика состава растительности нижних ярусов в парковых фитоценозах // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 6 (360). С. 46-55.
2. Кузнецов В. А., Рыжова И. М., Стома Г. В. Изменение лесных экосистем мегаполиса под влиянием рекреационного воздействия // Почвоведение. 2019. № 5. С. 633-642.
3. Ленточные боры Алтайского края – состояние и совершенствование хозяйства в них / А. А. Мартынюк, В. М. Сидоренков, В. И. Желдак, Н. И. Лямцев, О. В. Рябцев [и др.] // Лесохозяйственная информация. 2019. № 1. С. 33-48.
4. Малиновских А. А., Маленко А. А. Процесс естественного возобновления сосны обыкновенной после выборочных рубок в спелых и перестойных насаждениях в ленточных борах Алтайского края // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. 2018. № 1. С. 67-72.
5. Малиновских А. А., Савин М. А. Естественное лесовосстановление на гарях в ленточных борах Западной Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2019. Вып. XXXVII. № 3-4. С. 223-228.
6. Оценка биологической продуктивности лесной среды в условиях урбанизации (на примере воронежской нагорной дубравы) / Г. А. Одноралов, Е. Н. Тихонова, И. В. Голядкина, Т. А. Малинина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 2 (374). С. 60-72.
7. Подстилки городских насаждений как индикатор интенсивности биологического круговорота в условиях мегаполиса / О. В. Семенюк, В. М. Телеснина, Л. Г. Богатырев, Ф. И. Земсков // Почвоведение. 2022. № 6. С. 673-686.

8. Шугалей Л. С. Рекреационное воздействие на лесные биогеоценозы государственного природного заповедника «Столбы» // Вестник Красноярского гос. аграрного ун-та. 2017. № 9 (132). С. 189-199.
9. Экология города: ретроспектива и перспективы изучения / Т. Н. Карманова, Н. Ю. Феоктистова, Е. А. Фетисова, А. А. Мосалов, А. В. Суров // Журнал общей биологии. 2021. № 3. Т. 82. С. 163-174.
10. Gundersen V., Vistad O. I. Public opinions and use of various types of recreational infrastructure in boreal forest settings // Forests. 2016. V. 7. № 6. P. 113.
11. Lynch A. J. Predictors of tree cover in residential open space: a multi-scale analysis of suburban Philadelphia // Urban Ecosyst. 2022. V. 5. Pp. 1515-1526.
12. Multifunctionality in practice: measuring differences in urban woodland ecosystem properties via functional traits / F. Cardou, I. Aubin, B. Shipley, M. Lapointe // Urban Forestry & Urban Greening. 2022. V. 68. P. 127453.
13. Referowska-Chodak E. Pressures and threats to nature related to human activities in european urban and suburban forests // Forests. 2019. V. 10. № 9. P. 765.
14. Urbanization Affects the Richness of Invasive Alien Trees But Has Limited Influence on Species Composition / G. Heringer [et al.] // Urban Ecosystems. 2022. V. 3. Pp. 753-763.

References

1. Gryazkin A. V., Kochkin A. A., Petrik V. V. Dynamics of the composition of vegetation of the lower tiers in park phytocenoses // Izvestia of higher educational institutions. Forest Journal. 2017. № 6 (360). Pp. 46-55.
2. Kuznetsov V. A., Ryzhova I. M., Stoma G. V. Change in the forest ecosystems of the metropolis under the influence of recreational influence // Soil science. 2019. № 5. Pp. 633-642.
3. Belt bores of the Altai Territory - the state and improvement of the economy in them / A. A. Martynyuk, V. M. Sidorenkov, V. I. Zheldak, N. I. Lyamtsev, O. V. Ryabtsev [et al.] // Forestry information. 2019. № 1. Pp. 33-48.
4. Malinovskiyh A. A., Malenko A. A. The process of natural resumption of ordinary pine after selective felling in ripe and perestroika plantings in tape forests of the Altai Territory // Bulletin of the Altai State. Agrarian University. 2018. № 1. Pp. 67-72.
5. Malinovskiyh A. A., Savin M. A. Natural reforestation on burning in tape forests of Western Siberia // Coniferous boreal zones. 2019. No. XXXVII. № 3-4. Pp. 223-228.
6. Assessment of the biological productivity of the forest environment in urbanization (using the example of the Voronezh upland oak forest) / G. A. Odnoralov, E. N. Tikhonov, I. V. Golyadkin, T. A. Malinin // Izvestia of higher educational institutions. Forest Journal. 2020. № 2 (374). Pp. 60-72.
7. Bedding of urban plantations as an indicator of the intensity of biological cycling in a metropolis / O. V. Semenyuk, V. M. Telesnina, L. G. Bogatyrev, F. I. Zemskov // Soil science. 2022. № 6. Pp. 673-686.
8. Shugaley L. S. Recreational impact on forest biogeocenoses of the Stolby State Nature Reserve // Bulletin of the Krasnoyarsk State. Agrarian University. 2017. № 9 (132). Pp. 189-199.
9. Ecology of the city: retrospective and prospects for study / T. N. Karmanova, N. Yu. Feoktistova, E. A. Fetisova, A. A. Mosalov, A. V. Surov // Journal of General Biology. 2021. № 3. V. 82. Pp. 163-174.
10. Gundersen V., Vistad O. I. Public opinions and use of various types of recreational infrastructure in boreal forest settings // Forests. 2016. V. 7. № 6. P. 113.
11. Lynch A. J. Predictors of tree cover in residential open space: a multi-scale analysis of suburban Philadelphia // Urban Ecosyst. 2022. V. 5. Pp. 1515-1526.
12. Multifunctionality in practice: measuring differences in urban woodland ecosystem properties via functional traits / F. Cardou, I. Aubin, B. Shipley, M. Lapointe // Urban Forestry & Urban Greening. 2022. V. 68. P. 127453.
13. Referowska-Chodak E. Pressures and threats to nature related to human activities in european urban and suburban forests // Forests. 2019. V. 10. № 9. P. 765.
14. Urbanization Affects the Richness of Invasive Alien Trees But Has Limited Influence on Species Composition / G. Heringer [et al.] // Urban Ecosystems. 2022. V. 3. Pp. 753-763.

Информация об авторах

Малиновских Алексей Анатольевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет (РФ, 656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, д. 98), тел. 8 (3852) 203-358, 0000-ORCID: <https://orcid.org/0003-1719-3841>, e-mail: almaa1976@yandex.ru

Чичкарев Александр Сергеевич, ассистент кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет (РФ, 656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, д. 98), тел. 8 (3852) 203-358, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6292-3247>, e-mail: chichkarev94@mail.ru

Authors Information

Malinovskikh Alexey Anatolyevich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry, Altai State Agrarian University (656049, Barnaul, Krasnoarmeysky Ave., 98), tel. 8 (3852) 203-358, 0000-ORCID: <https://orcid.org/0003-1719-3841>, e-mail: almaa1976@yandex.ru

Chichkarev Alexander Sergeyevich, assistant of the forestry department, Altai State Agrarian University (98 Krasnoarmeysky Ave., Barnaul, 656049), tel. 8 (3852) 203-358, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6292-3247>, e-mail: chichkarev94@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-16

IMPROVEMENT OF THE MOLE PLOUGH DESIGN FOR FORMATION OF A MOLE IRRIGATION SYSTEM IN THE LOWER VOLGA REGION

S. G. Milovanov, E. A. Khodiakov, N. Yu. Petrov, K. V. Bondarenko

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
Volgograd State Agricultural University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: e419829@yandex.ru

Received 10.07.2023

Submitted 15.08.2023

Summary

Based on research conducted in 2022 at the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University «Gornaya Polyana», the article presents the results of studying of the mole maker main elements (two rack options and three forms of expanders for them), as the main working body for the formation mole irrigators – the main elements of the mole irrigation system. It has been established that trapezoidal racks with a “knife” (a front cutting edge 30 mm wide along the entire height of the stand) and a “chisel” (a rectangular cutting surface of the drainer) with a cone parabolic expander 380 mm long attached to it form the best mole plough construction.

Abstract

Introduction. At present, drip subsoil irrigation is being intensively developed in the USA, Israel and other countries. The main advantage of these systems, in comparison with drip irrigation, is the complete mechanization of laying drip pipes with a diameter of 16 mm into the soil to a depth of 0.5 m. In this regard, the use of mole irrigation systems, as a main type of subsurface irrigation, consisting of the soil pipes, is a more efficient and cheaper method to deliver water and fertilizers directly to the roots of plants. Such soil pipes (mole sprinklers) are formed annually after the passage of a mole-maker, a special working body fixed on the frame of the MTZ-82 tractor. **Object.** Mole plough for formation of the mole sprinklers. **Materials and methods.** In the field experiments carried out at the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University «Gornaya Polyana», 2 variants of the mole-maker stand and 3 forms of expanders for them were investigated. The racks were trapezoidal form with «knife» (a front cutting edge 30 mm wide along the entire height of the stand) and with «chisel» (a rectangular cutting surface of the drainer) and a rectangular shape with an ellipsoid shape of the cutting surface of the drainer. The expanders were a combination of a cone and a cylinder (cone-cylindrical); cone and paraboloid (cone-parabolic) and on the contrary, paraboloid and cone (parabolic-cone) shape 300 and 380 mm long. The choice of the most effective design was evaluated by the degree of the molehill destruction. **Results and conclusions.** Comparison of two variants