

## АНТРОПОГЕННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСАХ Г. БАРНАУЛА

А.А. Малиновских✉, А.С. Чичкарев

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет» (Алтайский ГАУ), Россия, 656049, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Красноармейский, д. 98

almaa1976@yandex.ru

Представлены результаты изучения современного состояния сосновых насаждений в пригородных лесах г. Барнаула, являющихся частью Барнаульского ленточного бора. Описано текущее состояние основных компонентов насаждений — древостоя, подрост, подлеска, напочвенного покрова. Установлены региональные фоновые значения содержания тяжелых металлов в образцах почвы, древесины и хвои сосновых насаждений. Определено, что ведущим антропогенным фактором в зеленой зоне г. Барнаула является рекреация, а не техногенное загрязнение. Указано, что на всем протяжении массива разновозрастные древостои сосны характеризуются ослабленным состоянием, в основном по причине отсутствия своевременных рубок ухода и выборочных рубок. Показано ослабление подрост сосны вблизи черты города вследствие рекреации и даже его отсутствие на отдельных участках по причине заглужения подлеском из клена. Установлено увеличение доли синантропных видов растений в составе подлеска и напочвенного покрова в пределах данных насаждений по мере приближения к черте города. Составлена оригинальная шкала по ключевым показателям насаждений, согласно которой сосняки зеленой зоны г. Барнаула относятся к среднему и высокому классам антропогенной структурной устойчивости.

**Ключевые слова:** устойчивость леса, сосновые насаждения, древостой, подрост, подлесок, живой напочвенный покров, техногенное загрязнение, рекреационная дигрессия

**Ссылка для цитирования:** Малиновских А.А., Чичкарев А.С. Антропогенная устойчивость сосновых насаждений в пригородных лесах г. Барнаула // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2025. Т. 29. № 3. С. 52–64. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-3-52-64

Хозяйственная деятельность, как правило, приводит к изменениям окружающей среды. Неотъемлемой частью природных ландшафтов являются лесные насаждения, которые в зависимости от происхождения и географического расположения отличаются большим разнообразием. В ходе эволюции лесные древесные породы в пригородных насаждениях адаптировались к комплексу природных факторов. Главными для их полноценного существования, как отмечал Г.Ф. Морозов [1], являются принципы устойчивости и самостоятельности, реализуемые в полной мере в коренных лесах, не затронутых хозяйственной деятельностью. Леса, подверженные интенсивным изменениям под влиянием антропогенного фактора часто утрачивают устойчивость, способность к воспроизводству, поскольку не имеют выработанных механизмов адаптации [2, 3]. Наиболее интенсивную антропогенную нагрузку испытывают пригородные леса (леса зеленых зон) [4–6].

Проблемам изучения состояния пригородных и городских лесов, их охраны, благоу-

стройства, восстановления уделяется значительное внимание в России и за ее пределами [7–14]. Некоторые исследователи обоснованно выделяют урболесоведение, городское лесное хозяйство, техногенное лесоводство в самостоятельные отрасли знаний [15–18]. Сложность решения вопросов, связанных с пригородными лесами, заключается, с одной стороны, в том, что эти леса испытывают неодинаковое влияние комплекса антропогенных факторов как в пространстве, так и во времени, с другой — они имеют географические различия. Это обуславливает актуальность и практическую значимость изучения устойчивости лесных насаждений, подверженных влиянию антропогенных факторов применительно к отдельным регионам.

### Цель работы

Цель работы — изучение антропогенной структурной устойчивости сосновых насаждений в пригородных лесах г. Барнаула, подверженных техногенным и рекреационным нагрузкам, на лесотипологической основе.

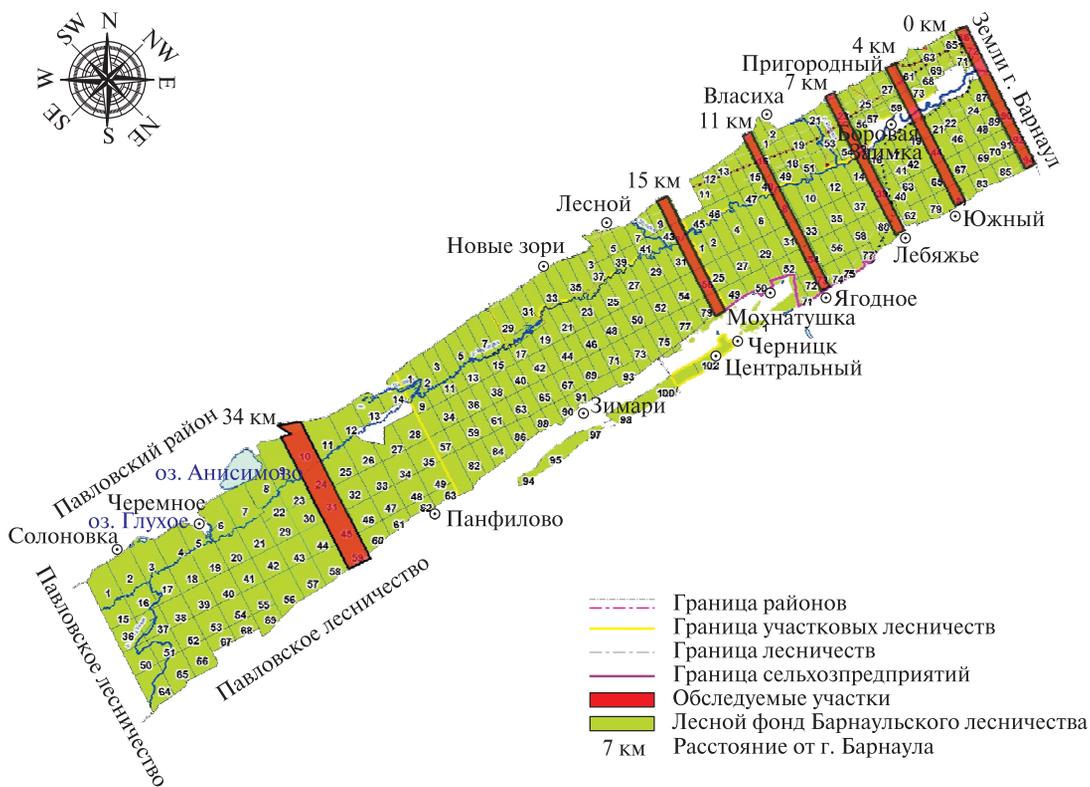


Рис. 1. Карта-схема расположения постоянных пробных площадей в пригородных лесах г. Барнаула  
 Fig. 1. Schematic map of study plot location in the suburban forests of the City of Barnaul

### Объекты и методы исследования

Исследования включали в себя оценку уровня техногенного загрязнения по содержанию тяжелых металлов в почве, древесине и хвое главной породы по типам леса; определение стадий рекреационной дигрессии лесных насаждений; оценку санитарного состояния, состава, строения древостоев; оценку состояния подроста главной породы, подлеска, живого напочвенного покрова; определение класса антропогенной устойчивости лесных насаждений на основе оригинальной шкалы.

Вблизи г. Барнаула в лесном фонде Барнаульского лесничества выделено 15 652 га лесов, отнесенных к зеленым и лесопарковым зонам, при общей площади лесничества 26 049 га [19]. На разном удалении от черты г. Барнаула в лесном фонде Барнаульского лесничества заложены постоянные пробные площади (ППП): в зоне интенсивной антропогенной деятельности — 0, 4, 7, 11, 15 км; в зоне слабоинтенсивной антропогенной деятельности — 34 км (рис. 1).

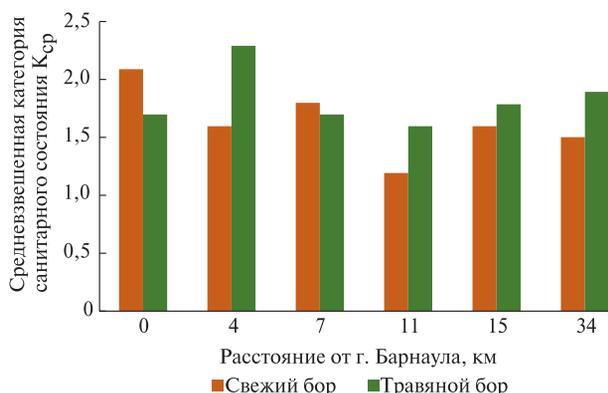
Постоянные пробные площади заложены в преобладающих в лесном фонде типах леса: свежем бору (Свб) и травяном бору (Трб), которые отражают исторически сложившиеся

лесорастительные условия. Тип леса *свежий бор* занимает повышенные части мезорельефа — вершины и пологие склоны различной экспозиции, на которых формируются свежие лесорастительные условия (А2). Тип леса *травяной бор* занимает межгрядные понижения, ровные участки с близким залеганием грунтовых вод, которые обуславливают влажные лесорастительные условия (А3).

На каждой ППП проведен сплошной переčet древостоя с последующим определением таксационных показателей [20–22]. Категории санитарного состояния деревьев определены по действующим нормативам [23].

Изучение подроста выполнено методом учетных площадок. Индекс жизненного состояния (ИЖС) подроста рассчитан по методике В.А. Алексеева [24]. У жизнеспособных экземпляров подроста главной породы (25 шт.) выполнено определение продолжительности жизни хвои.

В начале, середине и конце вегетации по каждой ППП составлены геоботанические описания лесных сообществ с указанием видового состава, обилия, покрытия, средней высоты [20]. Антропогенная трансформация флоры лесных насаждений определена с помощью индекса



**Рис. 2.** Санитарное состояние древостоев сосны в пригородных лесах г. Барнаула

**Fig. 2.** Sanitary state of pine stands in suburban forests of the City of Barnaul

синантропизации [25], стадии рекреационной дигрессии — трансектным методом [26].

Для определения содержания тяжелых металлов на ППП были собраны образцы почвы на глубине 0, 5, 10, 20, 50, 100 см; а также образцы древесины и хвои сосны обыкновенной. Анализ проведен в сертифицированной лаборатории Центра агрохимической службы «Алтайский» (ЦАС «Алтайский»). Полевой материал собран в мае — сентябре 2023 г.

## Результаты исследования

Пригородный лесной массив расположен с наветренной стороны по отношению г. Барнаула (преобладают ветры западного и юго-западного направления), поэтому слабо подвержен аэротехногенному загрязнению. Это подтверждают данные анализа почв сосновых насаждений, древесины и хвои сосновых деревьев, в которых не обнаружено превышения содержания тяжелых металлов исходя из значений предельно допустимой концентрации (ПДК), ориентировочно допустимой концентрации (ОДК) по СанПиН 1.2.3685–21 и фоновых значений в регионе [27]. Так, содержание свинца в сырораствующей древесине сосны в типе леса Трб составляет 2,03...3,67 мг/кг, в типе леса Свб — 1,34...2,60 мг/кг (ПДК 20 мг/кг; естественный уровень 0,1...10 мг/кг). В связи с этим ведущим антропогенным фактором в этих лесах является рекреация, хозяйственная деятельность и ее последствия (строительство, свалки мусора, рубки, пожары и т. п.). Тем не менее, состояние отдельных компонентов пригородных лесных насаждений г. Барнаула претерпели некоторые изменения под влиянием рекреационного фактора.

Древостой образует основу леса, от его биологического и санитарного состояния зависит

антропогенная структурная устойчивость насаждения в целом. В пригородных лесах г. Барнаула санитарное состояние сосновых древостоев ослаблено (кроме отдельных участков) как в Трб, так и в Свб (рис. 2).

В зоне интенсивной антропогенной деятельности (0...15 км) сосновые древостои в типе леса Свб имеют среднюю категорию санитарного состояния 1,66, в типе леса Трб — 1,82. Древостои сосны во влажных лесорастительных условиях несколько более ослаблены, чем в свежих лесорастительных условиях. Ослабление древостоев сосны на фоне многолетней рекреационной нагрузки связывают также с отсутствием своевременных лесохозяйственных мероприятий, в частности рубок ухода, рубок в спелых и перестойных насаждениях, уборки захламленности и др.

Таксационные показатели, рассчитанные нами (табл. 1), дают более четкую картину состояния древостоев. Общеизвестный факт — чем насаждение сложнее по своей структуре (наличие более одного яруса, разновозрастность древостоя, произрастание двух поколений и более, разнопородный состав), тем выше его устойчивость к неблагоприятным воздействиям, происходящим в окружающей среде, в том числе и к антропогенной нагрузке.

В своей массе древостои высокополнотные, высокопродуктивные, средний класс бонитета составляет II, что вполне характерно для насаждений северо-восточной части ленточных боров Западной Сибири [28]. О снижении устойчивости насаждения свидетельствует наличие сухостойных деревьев, а также значение текущего (более 10 %) и патологического (более 5 %) отпада.

Одним из показателей, характеризующих состояние насаждений, является коэффициент напряженности роста, или комплексный оценочный показатель (КОП), определяемый отношением высоты дерева к площади поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м от поверхности земли [29]. Этот коэффициент имеет помимо таксационной и гидрофизическую составляющую, так как показывает объем ствола, обслуживаемый влагой через единицу площади его поперечного сечения (на что указывает его размерность — см/см<sup>2</sup>).

Всероссийским научно-исследовательским институтом (ФНЦ Агроэкологии РАН) агролесомелиорации для сосновых насаждений юго-востока европейской части России, а также ленточных боров Прииртышья установлены следующие оптимальные значения КОП: в насаждениях до 20 лет — 15...25; 20–30 лет — 10...18; 40–70 лет — 5...8; и свыше 100 лет — 2...3 см/см<sup>2</sup> [30].

Т а б л и ц а 1

**Таксационные показатели, рассчитанные для изучаемых древостоев в пригородных лесах г. Барнаула, по ППП**

Forest inventory values calculated for tree stands under study in suburban forests of the City of Barnaul

№ ППП	Стадия рекреационной депрессии	Состав древостоя; тип леса	Порода	Возраст, лет	Густота, шт./га	Средние		Сумма площ, сеч, м <sup>2</sup> /га	Класс бонитета	Полнота, ед.	Запас, м <sup>3</sup> /га		Средний прирост, м <sup>3</sup> /га	Текущий отпад, %	Патологический отпад, %	КОП, см/см <sup>2</sup>
						диаметр, см	высота, м				сырорасгущий	сухостоя				
0 км от черты города																
1	II	7С3С+С+Б Трб	С	95	274	32,8	22,7	32,3	III	1,3	287,5	0,08	3,03	6,9	0,5	2,7
			С	120	118	40	27	13,9			123,2	0,04	1,29			
			Б	90	12	37	23	1,4			9,9	-	0,11			
2	II	7С2С1С+Б Свб	С	95	415	26	23	28,9	III	1,2	241,0	12,5	2,54	4,5	2,0	3,2
			С	70	118	18	18	8,3			68,9	3,6	0,72			
			С	120	59	44	26	2,9			24,1	1,3	0,25			
			Б	90	4	21	18	0,2			0,7	-	0,01			
4 км от черты города																
3	I	5С2С3Б Трб	С	110	132	40	29	15,8	II	1,0	228,3	8,2	2,08	14,6	1,0	2,2
			С	80	56	30	26	6,8			97,9	3,5	0,89			
			Б	90	140	31,1	24,5	10,6			85,5	3,4	0,95			
4	II	5С4С1Б Свб	С	130	360	44	27	20,8	III	1,0	168,1	6,9	1,29	23,1	0	3,7
			С	75	240	26	23	13,9			112,0	4,6	0,86			
			Б	90	20	16,6	14	0,5			2,6	0,1	0,03			
7 км от черты города																
5	I	10С+Б Свб	С	95	692	24	21	30,7	III	1,0	267,6	10,5	2,82	20,3	1,0	4,6
			Б	90	48	21,6	19,3	1,8			13,2	-	0,15			
6	I	5С4С1Б Трб	С	120	158	44	28	23,8	II	1,1	256,8	-	2,14	0	0	1,9
			С	85	106	32	26	15,9			171,2	-	1,43			
			Б	85	16	23	20	0,9			6,7	-	0,08			
11 км от черты города																
7	I	10С+Б Трб	С	120	168	44,4	28	26,0	II	0,8	340,5	-	2,84	0	0	1,8
			Б	90	20	17,1	11	1,8			10,6	-	0,12			
8	I	9С1Б Свб	С	120	176	41,7	27	24,1	II	0,8	242,5	-	2,02	4,5	0	1,9
			Б	90	32	35	24	3,5			21,4	-	0,24			
15 км от черты города																
9	I	8С2С+Б Свб	С	130	218	27	40	26,3	III	1,0	240,1	-	1,85	20,6	0	2,7
			С	90	54	23	26	6,6			60,0	-	0,46			
			Б	85	20	31,4	18	1,8			8,8	-	0,10			
10	I	10С+Б Трб	С	130	168	44,9	26,5	26,9	II	0,8	232,6	-	1,79	14,3	0	1,7
			Б	90	20	29,4	21,7	1,5			10,3	-	0,11			
34 км от черты города																
11	I	10С+Б Свб	С	120	224	38,5	23,9	26,0	III	0,7	236,6	-	1,97	5,4	0,5	2,1
			Б	70	8	26	19,3	0,5			2,08	-	0,03			
12	I	10С+Б Трб	С	120	252	42,3	27	35,5	II	1,1	380,4	0,3	3,17	17,2	0	1,9
			Б	80	80	28,2	21,3	5,0			36,5	0,7	0,46			

Примечание. Выделены значения комплексного оценочного показателя (КОП), выходящие за рамки оптимальных для насаждений данного класса возраста.

Т а б л и ц а 2

**Результаты корреляционного анализа таксационных показателей  
и КОП древостоев в пригородных лесах Барнаула**

**Correlation analysis results of forest inventory values and complex estimates  
of tree stands in the suburban forests of the City of Barnaul**

Параметры	Возраст	Густота	Средний диаметр ствола	Средняя высота	Сумма площадей сечения	Бонитет	Полнота	Запас древесины (сырой)	Запас древесины (сухой)	Средний прирост	Комплексный оценочный показатель
Возраст	1,0	0,3	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	-0,1	-0,1	<b>0,6</b>	-0,1	<b>0,6</b>	-0,1
Густота	0,3	1,0	0,1	0,3	<b>0,8</b>	0,2	0,1	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	0,3
Средний диаметр ствола	<b>0,7</b>	0,1	1,0	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	-0,3	-0,1	<b>0,5</b>	-0,1	<b>0,5</b>	-0,2
Средняя высота	<b>0,6</b>	0,3	<b>0,6</b>	1,0	<b>0,6</b>	-0,1	0,1	<b>0,6</b>	0,1	<b>0,5</b>	-0,1
Сумма площадей сечения	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	1,0	-0,1	0,1	<b>0,9</b>	0,3	<b>0,9</b>	0,2
Бонитет	-0,1	0,2	-0,3	-0,1	-0,1	1,0	0,3	-0,2	0,2	-0,1	0,2
Полнота	-0,1	0,1	-0,1	0,1	0,1	0,3	1,0	0,1	0,2	0,1	0,2
Запас древесины (сырой)	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	-0,2	0,1	1,0	0,3	<b>0,9</b>	0,1
Запас древесины (сухой)	-0,1	<b>0,7</b>	-0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	1,0	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>
Средний прирост	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	-0,1	0,1	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>	1,0	0,2
Комплексный оценочный показатель	-0,1	0,3	-0,2	-0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	<b>0,6</b>	0,2	1,0

*Примечание.* Выделены значения, достоверные на 5%-м уровне значимости.

Данные по КОП, рассчитанные для исследуемых древостоев (см. табл. 1), свидетельствуют, о том, что значение КОП в сосняках варьирует от 1,91 до 4,64 см/см<sup>2</sup>, что для некоторых древостоев на исследуемых ППП является превышением оптимальных значений для данного класса возраста древостоя (2...3 см/см<sup>2</sup>) и указывает на снижение биологической устойчивости исследуемых сосняков. Комплексный оценочный показатель, рассчитанный по березе, свидетельствует также о снижении устойчивости, однако ввиду незначительной доли участия этой породы в общем составе древостоя, оценка устойчивости насаждения только по этой породе не представляется возможной.

Кроме того, нами был проведен корреляционный анализ между таксационными показателями и КОП древостоев (табл. 2).

Была установлена достоверная на 5%-м уровне значимости связь между КОП и наличием сухостойных деревьев. Таким образом, совместная оценка устойчивости насаждения по КОП и наличию сухостоя может дать пред-

варительную картину устойчивости изучаемых древостоев.

Подрост главной лесообразующей породы в пригородных лесах гораздо сильнее, чем древостой подвержен воздействию рекреационного и других антропогенных факторов, особенно вблизи черты города. Количественные и качественные характеристики подроста сосны в обследуемых сосновых насаждениях представлены в табл. 3.

По мере удаления от города в составе подроста увеличивается доля сосны, что особенно характерно для типа леса Трб, в котором он неустойчив вследствие рекреации и задернения живым напочвенным покровом (ЖНП). Состав подроста в большинстве насаждений не совпадает с составом древостоя, что объясняется более высокой ценогической позицией лиственных пород (березы, осины) на этапе всходов, самосева и подроста. Наиболее устойчив к рекреационной нагрузке подрост сосны в типе леса Свб — обследованные участки имеют густоту от 4291 до 13 425 шт./га, которая заметно

Т а б л и ц а 3

**Характеристика подроста под пологом сосновых насаждений**  
**Characteristics of undergrowth under the canopy of pine plantations**

№ ППП	Тип леса	Состав подроста	Подрост сосны			
			Густота, шт./га	Встречаемость, %	Средняя продолжительность жизни хвои, лет	Индекс жизненного состояния, %
1	Трб	6Ос3С1Б	658	20,0	3,9	69,3
2	Свб	6С3Б1Ос	4291	70,0	3,4	63,5
3	Трб	5Ос3Б2С	83	3,3	3,6	70,0
4	Свб	8С2Б	6759	76,7	4,2	85,3
5	Свб	9С1Б+Ос	10992	100	4,0	88,2
6	Трб	–	0	0	–	–
7	Трб	10Б	0	0	–	–
8	Свб	9С1Б	5633	66,7	3,9	71,3
9	Свб	8С2Б+Ос	12541	93,3	3,8	84,1
10	Трб	5С3Б2Ос	2167	26,7	3,9	97,2
11	Свб	7С2Б1Ос	13425	93,3	3,6	93,7
12	Трб	7С3Ос+Б	1967	40,7	4,4	86,1

увеличивается по мере удаления от города. Тип леса Трб в ленточных борах Западной Сибири изначально отличается неравномерным возобновлением сосны [24], а вблизи города подроста крайне мало либо не существует. Густота подроста сосны в Трб 83...2167 шт./га. В насаждении он распределен неравномерно, причиной этого, по нашим наблюдениям, прежде всего является конкуренция со стороны ЖНП и подлеска, а также фактор рекреации. Встречаемость подроста сосны более высокая и стабильная в типе леса Свб, даже в пределах зоны интенсивной антропогенной деятельности (0...15 км), поскольку в этом типе леса возобновление происходит успешнее. Тип леса Трб, напротив, характеризуется неравномерной и низкой встречаемостью подроста сосны, особенно в зоне интенсивного антропогенного воздействия. Средняя продолжительность жизни хвои у подроста сосны в типе леса Свб 3,4...4,2 лет, в типе леса Трб — 3,6...4,4 лет и обусловлена не только рекреацией, но и типом лесорастительных условий, влиянием полога древостоя и подлеска.

Согласно подходу, разработанному В.А. Алексеевым [24], ценопопуляция подроста считается здоровой, если значения индекса жизненного состояния находятся в интервале 80...100 %, ослабленной — 50...79 %, сильно ослабленной 20...49 %, полностью разрушенной — менее 20 %. Жизненное состояние ценопопуляции подроста сосны на отдельных участках оценивается как ослабленное (ППП № 1–3, 8), на остальных — здоровое. Ослабленное жизненное состояние подроста сосны непосредственно вблизи города

(0...4 км) связано с активной рекреацией, которая приводит к механическому вытаптыванию, повреждению, увеличению доли ослабленных и усыхающих экземпляров в пологе возобновления. Участки, более удаленные от города (7...15 км и более), подвержены в основном так называемой тихой рекреации, при которой в естественном возобновлении сосны преобладают здоровые экземпляры самосева и подроста.

Внедрение синантропных видов в состав подлеска и напочвенного покрова приводит к их трансформации, ослабляя насаждение в целом. Этот процесс носит выраженный характер вблизи города (табл. 4).

В отличие от древостоя и подроста, в которых нет «пришлых» видов растений, состав подлеска и ЖНП в пригородных сосновых насаждениях г. Барнаула увеличивается за счет заноса синантропных растений. В составе синантропных видов растений нами, как и авторами [31, 32], выделены две группы: апофиты — местные виды, характерные для антропогенных местообитаний (пустыри, поля, обочины дорог и пр.); антропофиты — адвентивные виды растений, занесенные намеренно или случайно из других регионов. Общий список по итогам сезона вегетации 2023 г. включает в себя 165 видов высших сосудистых растений. Из этого количества нами зафиксированы 39 синантропных видов растений на обследованных участках лесных насаждений в пригороде г. Барнаула: в подлеске — 14 видов (все антропофиты (адвентивные)), в ЖНП — 25 видов (5 антропофитов (адвентивных), 20 апофитов).

**Число синантропных видов растений в подлеске и живом напочвенном покрове  
сосновых насаждений**

**Number of synanthropic plant species in the undergrowth and forest live cover of pine plantations**

№ ППП	Тип леса	Подлесок		ЖНП		Примесь синантропных видов растений в насаждении, %
		Общее число видов, шт.	Число синантропных видов, шт.	Общее число видов, шт.	Число синантропных видов, шт.	
1	Трб	21	10	85	14	22,0
2	Свб	19	3	57	14	21,5
3	Трб	15	2	67	11	15,3
4	Свб	11	3	44	6	15,8
5	Свб	13	4	48	3	10,9
6	Трб	16	4	54	8	16,4
7	Трб	14	2	59	9	14,5
8	Свб	9	2	57	5	10,1
9	Свб	9	3	48	0	5,0
10	Трб	13	3	50	1	6,3
11	Свб	9	1	50	1	3,2
12	Трб	11	1	50	1	3,1

В составе подлеска лесных насаждений обнаружены такие адвентивные растения, как клен ясенелистный, яблоня ягодная, ясень пенсильванский, ирга ольхолистная, липа сердцелистная и др. Эти растения намеренно или случайно занесены в сосновый лесной массив вблизи г. Барнаула и находятся на разных стадиях натурализации, конкурируя с аборигенными видами подлеска — рябиной сибирской, караганой древовидной, ивой козьей, черемухой обыкновенной и др. В сосновых насаждениях в зоне интенсивной антропогенной деятельности (0...15 км) ЖНП содержит в своем составе апофитные виды растений: подорожник средний, лопух войлочный, чистотел большой, икотник седой, бодяк щетинистый и др. В травянистых и травяно-кустарничковых сообществах нами обнаружены антропофитные (адвентивные) виды растений: конопля посевная, гречишка вьюнковая, мелкопестник канадский, подмаренник мягкий, трехреберник непахучий.

Наряду с синантропными видами лесные растительные сообщества «обогащаются» видами растений нелесной экологии — луговыми, лугово-степными. Подлесок и напочвенный покров расположены в нижней части лесного насаждения и именно они первыми подвергаются рекреационной нагрузке и другим формам хозяйственной деятельности. Антропогенная трансформация подлеска и напочвенного покрова носит выраженный характер в зоне интенсивной хозяйственной деятельности (0...15 км от города). Пригородный лесной мас-

сив вблизи г. Барнаула со всех сторон окружен населенными пунктами, садоводствами, через него проходят многочисленные транспортные пути, линии электропередач, которые являются источниками и путями заноса нелесных синантропных видов растений (см. рис. 1). Наиболее интенсивно этот процесс выражен в типе леса Трб, где общее число видов заметно увеличено за счет более благоприятных лесорастительных условий. Наиболее агрессивен древесный вид-трансформер клен ясенелистный, который на отдельных участках образует сплошной густой подлесок, прерывая возобновление сосны и ослабляя насаждения в целом [33, 34]. Индекс синантропизации всей флоры изученных нами участков пригородных лесов г. Барнаула достигает 23,6 %, что означает умеренную степень антропогенной трансформации. Полученные нами данные согласуются с данными Д.В. Золотова [31], который при изучении флоры бассейна р. Барнаулки отметил, что доля синантропной группы видов во всей флоре составляет 22,5 %, а в флористическом микрорайоне Черемновский, который непосредственно примыкает к г. Барнаулу, достигает 25,1 %.

Для комплексной оценки структурной устойчивости были выбраны ключевые показатели, определяющие степень антропогенной устойчивости лесных насаждений в пригородных лесах г. Барнаула (табл. 5).

По нашему мнению, правомерно применить по отношению к лесным насаждениям, расположенным на урбанизированных территориях (городские, пригородные леса) понятие

Т а б л и ц а 5

**Комплексная суммарная оценка (шкала) антропогенной устойчивости сосновых насаждений в пригородных лесах г. Барнаула**

**Integrated total assessment (scale) of anthropogenic sustainability of pine plantations in suburban forests of Barnaul city**

Показатели, определяющие степень антропогенной устойчивости насаждений	Значение показателя		
	Оценка 3 балла	Оценка 2 балла	Оценка 1 балл
Категория санитарного состояния древостоев	1–1,5	1,51–2,5	>2,5
Текущий отпад деревьев, %	До 10	11–30	>30
Степень патологического отпада деревьев, %	<5	6–40	>40
Продолжительность жизни хвои подроста главной породы, лет	4–6	3–4	1–3
Густота подроста главной породы, тыс. шт./га	5–10	1–5	<1
Встречаемость (равномерность распределения) подроста главной породы, %	60–100	40–60	<40
Примесь синантропных видов растений в насаждении, %	0–10	10–15	>15
Суммарная оценка показателей, баллы	17–24	9–16	До 8
Класс антропогенной устойчивости сосновых насаждений	Высокий	Средний	Низкий

Т а б л и ц а 6

**Антропогенная структурная устойчивость сосновых насаждений в пригородных лесах г. Барнаула**

**Anthropogenic structural sustainability of pine forest stands in suburban forests of the City of Barnaul**

№ ППП	Тип леса	Расстояние от г. Барнаула, км	Сумма баллов по шкале устойчивости	Класс антропогенной устойчивости
1	Трб	0	13	Средний
2	Свб		16	«←→»
3	Трб	4	12	«←→»
4	Свб		17	Высокий
5	Свб	7	18	«←→»
6	Трб		13	Средний
7	Трб	11	14	«←→»
8	Свб		19	Высокий
9	Свб	15	18	«←→»
10	Трб		15	Средний
11	Свб	34	21	Высокий
12	Трб		17	«←→»

«антропогенная устойчивость» по аналогии, например, с газоустойчивостью древесных растений [35] или пожароустойчивостью лесных насаждений [36]. С учетом того, что пригородные леса испытывают комплексное влияние от рекреации, загрязнения, пожаров, рубок, заноса нелесных видов и др., точно определить действие отдельного фактора не представляется

возможным. Термин «биологическая устойчивость» не отражает всей специфики урбанизированных территорий по отношению к лесу и, по нашему мнению, более применим в ненарушенных или малонарушенных лесных массивах. Кроме того, понятие «биологическая устойчивость насаждений» часто понимается очень узко, подразумевая санитарное состояние древостоев и состоянием лесной среды, что находит отражение в действующих нормативах [37]. Предложенная нами интегральная комплексная оценка (шкала) антропогенной устойчивости не является универсальной и разработана применительно к сосновым насаждениям Барнаульского ленточного бора, которые имеют собственную зонально-типологическую специфику. При необходимости ее можно расширить и дополнить другими показателями из числа таких значимых компонентов лесного насаждения, как лесной опад, лесная подстилка и почва.

Каждый из выбранных показателей имеет свой диапазон значений, выражаемых в баллах. По сумме баллов определяется класс антропогенной устойчивости соснового насаждения. Изученные нами участки пригородных лесов, расположенные на разном удалении от г. Барнаула, имеют средний и высокий класс антропогенной устойчивости (табл. 6).

Тип леса оказывает непосредственное влияние на антропогенную структурную устойчивость сосновых насаждений в пригородных лесах г. Барнаула. Все насаждения в типе леса Трб

имеют средний класс антропогенной структурной устойчивости в пределах зоны интенсивной антропогенной деятельности (0...15 км), кроме участка, расположенного за пределами этой зоны (34 км). Тип леса Свб заметно более устойчив, несмотря на большую рекреационную привлекательность и посещаемость. Сформированный во влажных лесорастительных условиях тип леса Трб с точки зрения экологии представляет собой более благоприятную экологическую нишу для внедрения синантропных и нелесных видов растений. Это приводит к активным процессам антропогенной трансформации, прерывает и без того неустойчивый процесс естественного возобновления главной породы. В пределах лесного массива вблизи г. Барнаула уже есть участки, где клен ясенелистный вытеснил сосну и выступает в роли преобладающей породы. Его повсеместное распространение на данном этапе сдерживает мозаичность лесорастительных условий, где влажные условия чередуются со свежими и сухими, долговечность и высокую экологическую пластичность сосны обыкновенной.

## Выводы

Антропогенная структурная устойчивость сосновых насаждений в пригородных лесах г. Барнаула определяется группой показателей, оказывающих влияние как на отдельные компоненты, так и на насаждение в целом. Среди наиболее значимых показателей, определяющих состояние древостоев следует выделить средне-взвешенную категорию санитарного состояния, величину текущего и патологического отпада. Устойчивость подроста под пологом насаждений обеспечивается продолжительностью жизни хвои, густотой и встречаемостью. Подлесок и живой напочвенный покров в пригородных лесах подвержены процессу антропогенной трансформации, т. е. примеси синантропных видов растений.

С учетом низкой и умеренной степени рекреации (I–II стадии дигрессии) сосновые насаждения в пригороде г. Барнаула имеют средний и высокий класс антропогенной устойчивости. Однако деятельность человека стала причиной заноса и распространения опасного для лесных насаждений вида — клена ясенелистного, который вытесняет сосну во влажных лесорастительных условиях. В древостоях без своевременного ухода происходит накопление ослабленных и больных деревьев. Без разработки комплекса лесохозяйственных мероприятий, зонирования и благоустройства лесного фонда на основе текущего состояния насаждений

структурная устойчивость пригородных лесов г. Барнаула будет снижаться.

*Работа выполнена в рамках гранта РНФ на тему «Влияние гидротермического режима почв на устойчивость сосновых насаждений в условиях техногенного загрязнения» (соглашение № 23-26-00198 от 25.01.2023 г.).*

## Список литературы

- [1] Морозов Г.Ф. Избранные труды. В 3 т. М.: Изд-во Почвенного института им. В.В. Докучаева, 1994. Т. 2. 372 с.
- [2] Коротков С.А., Стоноженко Л.В., Киселева В.В., Глазунов Ю.Б. Влияние экологических и социально-экономических факторов на формирование лесов Подмосквья // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, 2020. Т. 31. № 1–2. С. 90–115.
- [3] Рожков А.А., Козак В.Т. Устойчивость лесов. М.: Агропромиздат, 1989. 238 с.
- [4] Скрипальщикова Л.Н., Татаринцев В.И., Зубарева О.Н., Перевозникова В.Д., Стасова В.В., Грешилова Н.В. Экологическое состояние пригородных лесов Красноярска. Новосибирск: Гео, 2009. 179 с.
- [5] Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Стома Г.В. Изменение лесных экосистем мегаполиса под влиянием рекреационного воздействия // Почвоведение, 2019. № 5. С. 633–642. [https://doi: 10.1134/S0032180X1905006X](https://doi.org/10.1134/S0032180X1905006X)
- [6] Шихова Н.С. Комплексная оценка состояния лесов зеленой зоны Владивостока // Лесоведение, 2015. № 6. С. 436–446.
- [7] Стороженько В.Г. Эволюционные принципы устойчивости лесных сообществ // Сибирский лесной журнал, 2020. № 4. С. 87–96.
- [8] Полякова Г.А., Попович С.А., Шабанова Н.П., Меланхолин П.Н. Эксперимент по восстановлению напочвенного покрова нарушенных лесов Подмосквья // Лесоведение, 2016. № 2. С. 115–126.
- [9] Данченко А.М., Данченко М.А., Мясников А.Г. Современное состояние городских лесов и их использование (на примере г. Томска) // Вестник Томского государственного университета. Биология, 2010. № 4. С. 90–104.
- [10] Gundersen V., Vistad O.I. Public opinions and use of various types of recreational infrastructure in boreal forest settings // Forests, 2016, v. 7, no. 6, p. 113. <https://doi.org/10.3390/f7060113>
- [11] Multifunctionality in practice: measuring differences in urban woodland ecosystem properties via functional traits / F. Cardou, I. Aubin, B. Shipley [et al.] // Urban Forestry & Urban Greening, 2022, v. 68, p. 127453. [https://doi:10.1016/j.ufug.2021.127453](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127453)
- [12] Kotze D., Setälä H. Urbanisation Differently Affects Decomposition Rates of Recalcitrant Woody Material and Labile Leaf Litter // Urban Ecosystems, 2022, no. 25, pp. 65–74. [https://doi: 10.1007/s11252-021-01125-3](https://doi.org/10.1007/s11252-021-01125-3)
- [13] Referowska-Chodak E. Pressures and threats to nature related to human activities in european urban and suburban forests // Forests, 2019, v. 10, no. 9, p. 765. [https://doi:10.3390/f10090765](https://doi.org/10.3390/f10090765)

- [14] Heringer G., Bianco Faria L., Araújo A.U. Urbanization Affects the Richness of Invasive Alien Trees But Has Limited Influence on Species Composition // *Urban Ecosystems*, 2022, v. 3, pp. 753–763. <https://doi:10.1007/s11252-021-01189-1>
- [15] Рысин С.Л., Новоселов В.В., Федяева А.М. Рекреационный потенциал лесопарковых насаждений на территории ГБС РАН (г. Москва) // *Актуальные проблемы лесного комплекса*, 2020. № 56. С. 186–190.
- [16] Рысин Л.П., Рысин С.Л. Урболесоведение. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 240 с.
- [17] Мозолевская Е.Г., Куликова Е.Г. Устойчивое развитие городского лесного хозяйства // *Лесной вестник*, 1998. № 2. С. 59–70.
- [18] Милютин Л.И., Скрипальщикова Л.Н. Проблемы и перспективы техногенного лесоводства // *Сибирский лесной журнал*, 2020. № 6. С. 81–85.
- [19] Лесохозяйственный регламент Барнаульского лесничества Алтайского края. Барнаул, 2021. 129 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/550190366> (дата обращения 14.04.2024).
- [20] Ярмишко В.Т., Лянгузова И.В. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: Изд-во НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
- [21] Бунькова Н.П., Залесов С.В., Зотева Е.А., Магасумова А.Г. Основы фитомониторинга. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2011. 88 с.
- [22] Данчева А.В., Залесов С.В., Попов А.С. Лесной экологический мониторинг. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2023. 146 с.
- [23] Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (дата обращения 14.04.2024).
- [24] Алексеев В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // *Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение*. Л.: Наука, 1990. С. 38–54.
- [25] Горчаковский П.Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование // *Экология*, 1984. № 5. С. 3–16.
- [26] ОСТ 56-100–95 Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. URL: <https://docs.cntd.ru/document/471826617> (дата обращения 14.04.2024).
- [27] Бабошкина С.В., Горбачев А.В., Пузанов И.В. Тяжелые металлы в природных и техногенных ландшафтах Алтая // *Природа*, 2007. № 3. С. 60–65.
- [28] Бугаев В.А., Косарев Н.Г. Лесное хозяйство ленточных боров Алтайского края. Барнаул: Алтайское кн. изд-во, 1988. 312 с.
- [29] Густова А.И., Терехина Д.К. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении // *Аграрный вестник Урала*, 2007 № 5 (41). С. 55–59.
- [30] Шульга В.Д. Устойчивость защитных лесных насаждений степных ландшафтов: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Волгоград, 2002. 48 с.
- [31] Золотов Д.В. Сравнительный эколого-ценотический анализ элементарных региональных флор бассейна реки Барнаулки (Алтайский край) // *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: Материалы V Междунар. науч.-практ. конф.*, Барнаул, 28–30 октября 2013 г. Барнаул: АзБука, 2006. С. 92–96.
- [32] Силантьева М.М. Конспект флоры Алтайского края. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. 520 с.
- [33] Черная Книга флоры Сибири. Новосибирск: Гео, 2016. 440 с.
- [34] Малиновских А.А. Влияние клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) на естественное возобновление сосны обыкновенной в Барнаульском ленточном бору // *Лесной вестник / Forestry Bulletin*, 2023. Т. 27. № 3. С. 48–56. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-3-48-56
- [35] Мелехов И.С. Лесоведение. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 408 с.
- [36] Фуряев В.В., Заблочкий В.И., Черных В.А. Пожароустойчивость сосновых лесов. Новосибирск: Наука, 2005. 160 с.
- [37] «Основные положения по лесоустройству национальных природных парков России» от 7.07.1993 г. // *Лесное законодательство Российской Федерации. Сборник нормативных правовых актов*. М.: ПАИМС, 1998. 576 с.

## Сведения об авторах

**Малиновских Алексей Анатольевич**✉ — канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», [almaa1976@yandex.ru](mailto:almaa1976@yandex.ru)

**Чичкарев Александр Сергеевич** — ассистент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», [chickarev94@mail.ru](mailto:chickarev94@mail.ru)

Поступила в редакцию 18.04.2024.

Одобрено после рецензирования 25.11.2024.

Принята к публикации 10.04.2025.

## ANTHROPOGENIC SUSTAINABILITY OF PINE PLANTATIONS IN BARNAUL CITY SUBURBAN FORESTS

A.A. Malinovskikh<sup>✉</sup>, A.S. Chichkarev

Altai State Agricultural University, 98, Krasnoarmeyskiy av., 656049, Altai reg., Barnaul, Russia

almaa1976@yandex.ru

The research findings of the current state of pine stands in the suburban forests of the City of Barnaul, which are a part of the Barnaul ribbon pine forest, are discussed. Based on the field data obtained on permanent trial plots located at different distances from the city boundaries, the current state of the main components of the plantings is described, namely a forest stand, undergrowth, understory, and ground vegetation. In the samples of soil, wood and pine needles, the content of heavy metals has the regional background values; the leading anthropogenic factor in the green zone of the City of Barnaul is recreation, rather than technogenic pollution. It has been found that pine stands of different ages have a weakened state throughout the entire forest stand, mainly due to the lack of timely cleaning cuttings and selection cuttings. Pine undergrowth near the city boundaries is weakened by recreation; in some areas it is absent due to suppression by ash-leaved maple (*Acer negundo* L.) undergrowth. The proportion of synanthropic plant species in the undergrowth and ground vegetation increases when approaching the city limits. Based on the key indices of the planting, an original scale has been compiled according to which the pine forests of the green zone of the City of Barnaul have a medium and high class of anthropogenic structural sustainability.

**Keywords:** forest sustainability, pine stands, tree stand, undergrowth, understory, forest live cover, technogenic pollution, recreational degradation

**Suggested citation:** Malinovskikh A.A., Chichkarev A.S. *Antropogennaya ustoychivost' sosnovykh nasazhdeniy v prigorodnykh lesakh g. Barnaula* [Anthropogenic sustainability of pine plantations in Barnaul City suburban forests]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2025, vol. 29, no. 3, pp. 52–64. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-3-52-64

### References

- [1] Morozov G.F. *Izbrannyye trudy. V 3 t.* [Selected papers in 3 v.]. Moscow: Soil Institute named after V.V. Dokuchaev, 1994, v. II, 372 p.
- [2] Korotkov S.A., Stonozhenko L.V., Kiseleva V.V., Glazunov Yu.B. *Vliyaniye ekologicheskikh i sotsial'no-ekonomicheskikh faktorov na formirovaniye lesov Podmoskov'ya* [The influence of environmental and socio-economic factors on the formation of forests in the Moscow region]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Problems of environmental monitoring and ecosystem modeling], 2020, v. 31, no. 1–2, pp. 90–115.
- [3] Rozhkov A.A., Kozak V.T. *Ustoychivost' lesov* [Forest stability]. Moscow: Agropromizdat, 1989, 238 p.
- [4] Skripal'shchikova L.N., Tatarintsev V.I., Zubareva O.N., Perevznikova V.D., Stasova V.V., Greshilova N.V. *Ekologicheskoye sostoyaniye prigorodnykh lesov Krasnoyarska* [Ecological state of suburban forests of Krasnoyarsk]. Novosibirsk: Geo, 2009, 179 p.
- [5] Kuznetsov V.A., Ryzhova I.M., Stoma G.V. *Izmeneniye lesnykh ekosistem megapolisa pod vliyaniem rekreatsionnogo vozdeystviya* [Changes in forest ecosystems of the metropolis under recreational influence]. *Soil Science*, 2019, no. 5, pp. 633–642. <https://doi.org/10.1134/S0032180X1905006X>
- [6] Shikhova N.S. *Kompleksnaya otsenka sostoyaniya lesov zelenoy zony Vladivostoka* [Comprehensive assessment of the state of forests in the green zone of Vladivostok]. *Lesovedeniye*, 2015, no. 6, pp. 436–446.
- [7] Storozhenko V.G. *Evolutsionnyye printsipy ustoychivosti lesnykh soobshchestv* [Evolutionary principles of stability of forest communities]. *Siberian Forest J.*, 2020, no. 4, pp. 87–96.
- [8] Polyakova G.A., Popovich S.A., Shabanova N.P., Melankholin P.N. *Eksperiment po vosstanovleniyu napochvennogo pokrova narushennykh lesov Podmoskov'ya* [Experiment to restore the ground cover of disturbed forests in the Moscow region]. *Lesovedeniye*, 2016, no. 2, pp. 115–126.
- [9] Danchenko A.M., Danchenko M.A., Myasnikov A.G. *Sovremennoye sostoyaniye gorodskikh lesov i ikh ispol'zovanie (na primere g. Tomsk)* [Current state of urban forests and their use (case study of the City of Tomsk)]. *Bulletin of Tomsk State University. Biology*, 2010, no. 4, pp. 90–104.
- [10] Gundersen V., Vistad O.I. Public opinions and use of various types of recreational infrastructure in boreal forest settings. *Forests*, 2016, v. 7, no. 6, p. 113. <https://doi.org/10.3390/f7060113>
- [11] Cardou F., Aubin I., Shipley B. Multifunctionality in practice: measuring differences in urban woodland ecosystem properties via functional traits. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2022, v. 68, p. 127453. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127453>
- [12] Kotze D., Setälä H. Urbanisation Differently Affects Decomposition Rates of Recalcitrant Woody Material and Labile Leaf Litter. *Urban Ecosystems*, 2022, no. 25, pp. 65–74. <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01125-3>
- [13] Referowska-Chodak E. Pressures and threats to nature related to human activities in european urban and suburban forests. *Forests*, 2019, v. 10, no. 9, p. 765. <https://doi.org/10.3390/f10090765>

- [14] Heringer G., Bianco Faria L., Araújo A.U. Urbanization Affects the Richness of Invasive Alien Trees But Has Limited Influence on Species Composition. *Urban Ecosystems*, 2022, v. 3, pp. 753–763. <https://doi:10.1007/s11252-021-01189-1>
- [15] Korotkov S.A., Stonozhenko L.V., Kiseleva V.V., Glazunov Yu.B. *Vliyaniye ekologicheskikh i sotsial'no-ekonomicheskikh faktorov na formirovaniye lesov Podmoskov'ya* [Recreational potential of forest park plantings on the territory of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (Moscow)]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Actual problems of the forest complex], 2020, no. 56, pp. 186–190.
- [16] Rysin L.P., Rysin S.L. *Urbolesovedeniye* [Urban studies]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012, 240 p.
- [17] Mozolevskaya E.G., Kulikova E.G. Ustoychivoe razvitiye gorodskogo lesnogo khozyaystva [Sustainable development of urban forestry]. *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 1998, no. 2, pp. 59–70.
- [18] Milyutin L.I., Skripal'shchikova L.N. *Problemy i perspektivy tekhnogennogo lesovodstva* [Problems and prospects of technogenic forestry]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Forest Journal], 2020, no. 6, pp. 81–85.
- [19] *Lesokhozyaystvennyy reglament Barnaul'skogo lesnichestva Altayskogo kraya* [Forestry regulations of the Barnaul forestry of the Altai Region]. Barnaul, 2021, 129 p.
- [20] Yarmishko V.T., Lyanguzova I.V. *Metody izucheniya lesnykh soobshchestv* [Methods for studying forest communities]. St. Petersburg: NIIKhimii SPbGU, 2002, 240 p.
- [21] Bun'kova N.P., Zalesov S.V., Zoteeva E.A., Magasumova A.G. *Osnovy fitomonitoringa* [Fundamentals of phytomonitoring]. Ekaterinburg: UGLTU, 2011, 88 p.
- [22] Dancheva A.V., Bunkova N.P., Zalesov S.V., Zoteeva E.A., Magasumova A.G. *Lesnoy ekologicheskiy monitoring* [Forest environmental monitoring]. Ekaterinburg: UGLTU, 2011, 88 p.
- [23] *Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 9 dekabrya 2020 g. № 2047 «Ob utverzhdenii Pravil sanitarnoy bezopasnosti v lesakh»* [Decree of the Government of the Russian Federation dated December 9, 2020 No. 2047 «On approval of the Rules of sanitary safety in forests»]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (accessed 04.14.2024).
- [24] Alekseev V.A. *Nekotorye voprosy diagnostiki i klassifikatsii povrezhdennykh zagryazneniem lesnykh ekosistem* [Some issues of diagnostics and classification of forest ecosystems damaged by pollution]. *Forest ecosystems and atmospheric pollution*. Leningrad: Nauka, 1990, pp. 38–54.
- [25] Gorchakovskiy P.L. *Antropogennyye izmeneniya rastitel'nosti: monitoring, otsenka, prognozirovaniye* [Anthropogenic changes in vegetation: monitoring, assessment, forecasting]. *Ekologiya* [Ecology], 1984, no. 5, pp. 3–16.
- [26] *OST 56-100-95 Metody i edinitsy izmereniya rekreatsionnykh nagruzok na lesnye prirodnye komplekсы* [Methods and units of measurement of recreational loads on forest natural complexes]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/471826617> (accessed 04.14.2024).
- [27] Baboshkina S.V., Gorbachev A.V., Puzanov I.V. *Tyazhelye metally v prirodnykh i tekhnogennykh landshaftakh Altaya* [Heavy metals in natural and technogenic landscapes of Altai]. *Priroda* [Nature], 2007, no. 3, pp. 60–65.
- [28] Bugaev V.A., Kosarev N.G. *Lesnoe khozyaystvo lentochnykh borov Altayskogo kraya* [Forestry of ribbon pine forests of the Altai Region]. Barnaul: Alt. knizhnoe izd-vo, 1988, 312 p.
- [29] Gustova A.I., Terekhina D.K. *Otsenka gidrofizicheskikh kharakteristik drevesiny dlya obosnovaniya lesovodstvennykh ukhodov v zashchitnom lesorazvedenii* [Assessment of hydrophysical characteristics of wood to justify silvicultural management in protective afforestation]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2007, no. 5 (41), pp. 55–59.
- [30] Shul'ga V.D. *Ustoychivost' zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy stepnykh landshaftov* [Stability of protective forest plantings of steppe landscapes]: abstract Dr. Sci. (Agric.). Volgograd, 2002, 48 p.
- [31] Zolotov D.V. *Sravnitel'nyy ekologo-tsenoticheskiy analiz elementarnykh regional'nykh flor basseyna reki Barnaulki (Altayskiy kray)* [Comparative ecological and cenotic analysis of elementary regional floras of the Barnaul River basin (Altai Territory)]. *Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii: Mater. V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Problems of botany of Southern Siberia and Mongolia: Mater. V International Scientific and Practical Conference]. Barnaul: AzBuka, 2006, pp. 92–96.
- [32] Silant'eva M.M. *Konspekt flory Altayskogo kraya* [Synopsis of the flora of the Altai Territory]. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2013, 520 p.
- [33] *Chernaya Kniga flory Sibiri* [The Black Book of the Flora of Siberia]. Ed. Yu.K. Vinogradov, A.N. Kupriyanov. Novosibirsk: Geo, 2016, 440 p.
- [34] Malinovskikh A.A. *Vliyaniye klena yasenelistnogo (Acer negundo L.) na estestvennoye vozobnovleniye sosny obyknovennoy v Barnaul'skom lentochnom boru* [Influence of ash-leaved maple (Acer negundo L.) on scots pine natural renewal in Barnaul ribbon pine forest]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2023, vol. 27, no. 3, pp. 48–56. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-3-48-56
- [35] Melekhov I.S. *Lesovedeniye* [Forestry]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Forest industry], 1980, 408 p.
- [36] Furyaev V.V., Zablotskiy V.I., Chernykh V.A. *Pozharoustoychivost' sosnovykh lesov* [Fire resistance of pine forests]. Novosibirsk: Nauka, 2005, 160 p.
- [37] *Osnovnyye polozheniya po lesoustroystvu natsional'nykh prirodnykh parkov Rossii ot 7.07.1993 g.* [Basic provisions on forest management of national natural parks of Russia dated 07.07.1993]. *Lesnoe zakonodatel'stvo Rossiyskoy Federatsii. Sbornik normativnykh pravovykh aktov.* [Forest legislation of the Russian Federation. Collection of normative legal acts.]. Moscow: PAIMS, 1998, 576 p.

*The research was carried out within the framework of a grant from the Russian Science Foundation on the topic «The influence of the hydrothermal regime of soils on the stability of pine plantations under conditions of technogenic pollution» (agreement No. 23-26-00198 dated January 25, 2023).*

## Authors' information

**Malinovskikh Aleksey Anatol'evich**✉ — Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Altai State Agricultural University, docent, almaa1976@yandex.ru

**Chichkarev Aleksandr Sergeevich** — Assistant, Altai State Agricultural University, chichkarev94@mail.ru

Received 18.04.2024.

Approved after review 25.11.2024.

Accepted for publication 10.04.2025.

---

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article  
The authors declare that there is no conflict of interest