

УДК 630*182(571.51)

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ СОСНОВЫХ ЭКОСИСТЕМ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ¹

© 2022 г. Л. Н. Скрипальщикова^a, А. П. Барченков^{a, b}, И. А. Гончарова^{a, c, *}, Т. В. Пономарева^a, А. С. Шушпанов^{a, d}, А. И. Татаринцев^d

^aИнститут леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Академгородок, 50, стр. 28, Красноярск, 660036 Россия

^bСибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041 Россия

^cКрасноярский краевой краеведческий музей, ул. Дубровинского, 84, Красноярск, 660049 Россия

^dСибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31, Красноярск, 660037 Россия

*E-mail: iagoncharova007@mail.ru

Поступила в редакцию 17.09.2020 г.

После доработки 13.04.2021 г.

Принята к публикации 06.10.2021 г.

Приведена оценка современного экологического состояния компонентов (древостой, подрост, живой напочвенный покров, почва) сосновых экосистем Красноярской лесостепи, произрастающих в зоне многолетнего антропогенного воздействия г. Красноярска и фоновых условиях. Исследования проводили на мониторинговых пробных площадях в сосняках разнотравных. Современное состояние сосняков, произрастающих в зоне многолетнего антропогенного воздействия Красноярской лесостепи, оценивается как удовлетворительное. Санитарное и жизненное состояние пригородных сосновых древостоев не отличается от фоновых. В сосняках установлено хорошее возобновление сосны. Зафиксировано наличие всходов и значительного количества жизнеспособного подростка. Живой напочвенный покров в сосняках на данный момент (за исключением фоновой пробной площади) находится на стадии слабой рекреационной трансформации. Почвы под изучаемыми сосновыми экосистемами в зоне влияния города относятся к антропогенно-преобразованным, имеют развитые профили с признаками деградации верхних горизонтов.

Ключевые слова: сосновые биогеоценозы, Красноярская лесостепь, древостой, подрост, живой напочвенный покров, почва.

DOI: 10.31857/S0024114822010090

В настоящее время значительные территории, занятые лесными экосистемами, как в России, так и в мире подвергаются мощному воздействию комплекса антропогенных факторов (Liira et al., 2007; Михайлова и др., 2017, 2020; Лянгузова и др., 2018; Ярмишко, Игнатъева, 2019; и др.). Освоение природных ресурсов и длительное антропогенное воздействие приводят к нарушению экологического равновесия, разрушению естественных экосистем и другим отрицательным последствиям. Лесные экосистемы Красноярской лесостепи длительное время подвергаются мощному антропогенному прессу краевого центра – г. Красноярск. В лесостепной зоне, примыкающей к Красноярску, в основном произрастают сосновые и

березовые насаждения, которые выполняют средообразующую роль, являясь “легкими” города. В связи с этим актуальность изучения современного экологического состояния насаждений Красноярской лесостепи не вызывает сомнений. В результате интенсивной хозяйственной деятельности происходит обеднение состава и структурное упрощение многих биологических экосистем, что приводит к уменьшению их оптимальной степени функционирования и стабильности (Полякова и др., 1981; Антипова, 2012). Лесные экосистемы Красноярской лесостепи, и особенно сосновые, произрастают в условиях синергизма воздействия техногенных выбросов крупных промышленных предприятий и высокой рекреационной нагрузки г. Красноярска, а также меняющихся абиотических факторов среды. В результате постоянно изменяющихся условий их произрастания, в сосновых насаждениях происходят нарушения всех компонентов лесного биогеоценоза.

¹ Работа выполнена в рамках базовых проектов фундаментальных исследований Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН “Природная и антропогенная динамика таежных лесов Средней Сибири в условиях меняющегося климата” № (0287-2021-0008) и “Функционально-динамическая индикация биоразнообразия лесов Сибири” № (0356-2021-0009).

Таблица 1. Лесоводственно-таксационная характеристика сосновых насаждений

Пр. пл.	Состав древостоя, тип леса	Класс возраста**	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Класс бонитета	Полнота относительная
1	10С, Осочково-разнотравно-зеленомошный	IV (70)	28.7	23	III	0.9
2	10СедБ, разнотравно-осочковый	IV (75)	31.4	22	IV	0.7
3	10СедБ, разнотравно-осочковый	VI (115)	48.9	19	IV	0.6
4	10С, разнотравно-осочково-зеленомошный	VI (120)	39.3	16	III	0.5
5	10С, зеленомошно-осочковый	VI (120)	42.2	26	III	0.5
6	10СедБ, разнотравно-зеленомошный	VII (125)	45.3	27	I	0.7
7	10СедБ, разнотравно-зеленомошный	IV (80)	34.5	30	I-a	0.7
8*	8С1Е1БедЛ/6Е4Б, осочково-разнотравный	V (85)	44.9	25	I	0.9

* Для основного элемента леса.

** В скобках указан средний возраст, лет.

Примечания. Формула древостоя: С – сосна, Б – береза, Е – ель, Л – лиственница.

Цель исследования заключалась в оценке экологического состояния компонентов сосновых биогеоценозов Красноярской лесостепи, произрастающих в зоне многолетнего антропогенного воздействия г. Красноярска и фоновых условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В качестве объектов исследования были выбраны сосновые насаждения наиболее распространенной разнотравной группы типов леса (табл. 1), произрастающие в Красноярской лесостепи в зонах промышленного и рекреационного влияния г. Красноярска, и для сравнения – в экологически чистых условиях (рис. 1). Исследования проводились в 2019 г. на пробных площадях (пр. пл.) 1–5, заложенных по общепринятой методике (Программа ..., 1974; Анучин, 1982) в 10–30 км от города Красноярска в направлении основного переноса промышленных выбросов города. Биогеоценозы длительное время подвергались значительным техногенным и рекреационным нагрузкам (Скрипальщикова и др., 2017).

Пр. пл. 6–8 расположены в 40, 100 и 35 км от города, соответственно, вне основного направления переноса загрязняющих веществ. Пр. пл. 7 (припоселковый бор) испытывает пасквальные и рекреационные нагрузки, пр. пл. 8 – рекреационные. На пр. пл. 6 (фон) антропогенное воздействие носит случайный (единичный) характер.

Оценка экологического состояния сосновых насаждений проводилась на уровне основных компонентов биогеоценоза: древостоя, подроста, живого напочвенного покрова, почвы. Санитарное состояние древостоев оценивалось с использованием общепринятых методик (Мозолевская и др., 1984; Алексеев В., 1989; Воронцов и др., 1991; Алексеев А., 1997; Руководство ..., 2007; Правила ..., 2017). На пробных площадях выполнен сплошной лесопатологический пересчет с распределением деревьев по четырехсантиметровым ступеням толщины и категориям состояния: 1 – без признаков ослабления; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – свежий сухостой (5а – свежий ветровал, 5б – свежий бурелом); 6 – старый сухостой (6а – старый ветровал, 6б – старый бурелом). При пересчете фиксировали пораженность деревьев болезнями, поврежденность иными факторами. Инфекционные болезни диагностировали по комплексу макропризнаков: специфические анатомо-морфологические нарушения у деревьев, репродуктивные образования возбудителей, используя справочную литературу и определители (Черемисинов и др., 1970; Журавлев и др., 1979; Кузьмичев и др., 2004).

По данным пересчета рассчитывали комплекс показателей санитарного состояния насаждений, в том числе средневзвешенный индекс состояния древостоя по формуле:

$$K_{cp} = (P_1 \times K_1 + P_2 \times K_2 + P_3 \times K_3 + P_4 \times K_4 + P_5 \times K_5) / 100,$$

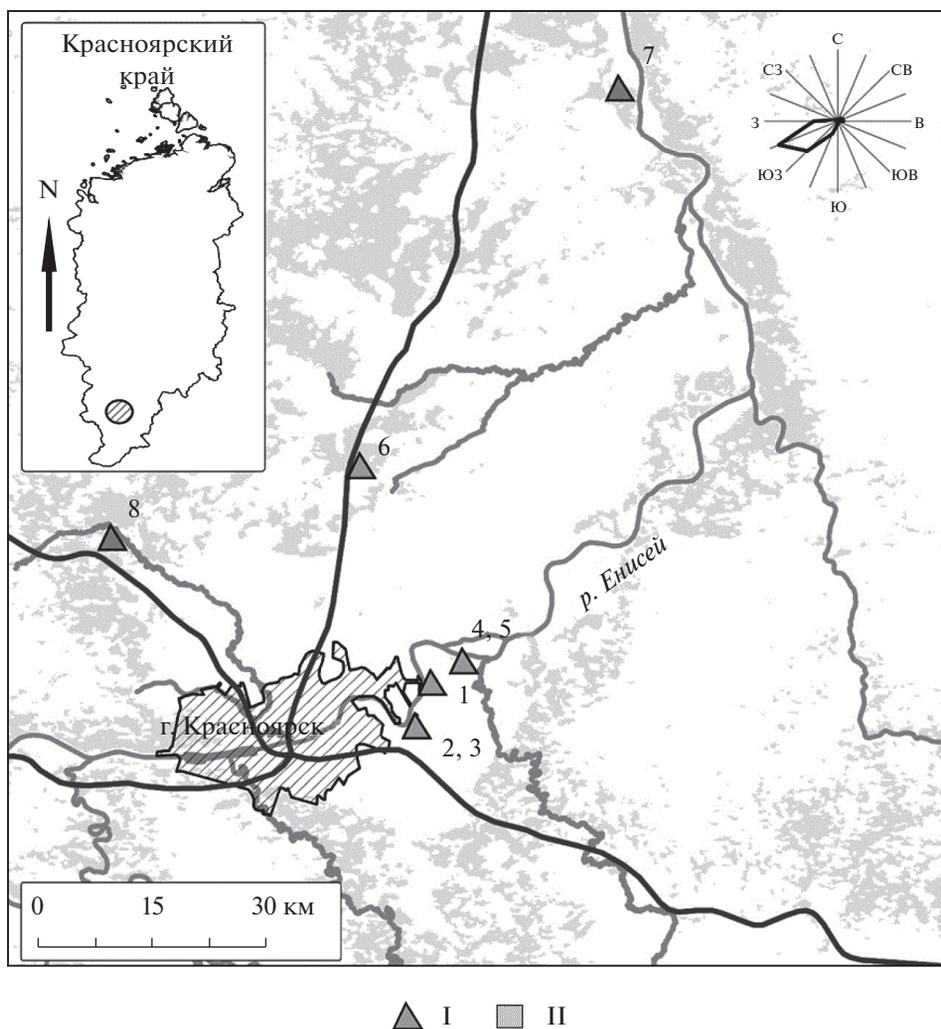


Рис. 1. Карта-схема расположения исследованных сосновых биogeocoenозов в Красноярской лесостепи. I – пробные площади: 1 – сосновый массив д. Ермолаево; 2 – наветренная сторона Березовского бора; 3 – подветренная сторона Березовского бора; 4 – наветренная сторона Есаульского бора; 5 – подветренная сторона Есаульского бора; 6 – Погорельский бор; 7 – Юкеевский бор; 8 – сосновый массив д. Сухая; II – сосновые насаждения.

где P_i – доля каждой категории состояния, в %; K_i – индекс категории состояния дерева (1 – без признаков ослабления, 2 – ослабленное, 3 – сильно ослабленное, 4 – усыхающее, 5 – свежий и старый сухой (ветровал, бурелом)). При $K_{cp} \leq 1.5$ насаждение относится к здоровым; $1.5 < K_{cp} \leq 2.5$ – к ослабленным; $2.5 < K_{cp} \leq 3.5$ – к сильно ослабленным; $3.5 < K_{cp} \leq 4.5$ – к усыхающим; $K_{cp} > 4.5$ – к погибшим. Расчет осуществляли через суммы площадей поперечного сечения стволов на высоте 1.3 м.

Дополнительно оценивали жизненное состояние древостоев по методике В.А. Алексева (1989) через расчет показателя L (%):

$$L = (100g_1 + 70g_2 + 40g_3 + 5g_4) / \Sigma g,$$

где g_1, g_2, g_3, g_4 – площадь поперечных сечений стволов на высоте 1.3 м соответственно здоровых,

ослабленных, сильно ослабленных и усыхающих деревьев; m^2 ; Σg – сумма площадей поперечных сечений стволов всех деревьев на пробной площади, m^2 . При показателе L 100–80% жизненное состояние древостоя оценивается как “здоровое”; 79–50% древостоем считается поврежденным (ослабленным); 49–20% – сильно поврежденным (сильно ослабленным), при 19% и ниже – полностью разрушенным.

Распространенность болезней (повреждений) определяли как долю (в %) пораженных (поврежденных) деревьев от всего объема выборочной совокупности; их вредоносность оценивали по $K_{ср}$, определяемому для пораженных деревьев.

Учет естественного возобновления и определение категорий жизненного состояния подроста проводились по методикам А.В. Побединского (1966), В.А. Алексева (1989), в соответствии с

Приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации “Об утверждении правил лесовосстановления” от 16 июля 2007 г., № 183. При учете возобновления определена его численность и жизненное состояние.

Геоботанические исследования напочвенного покрова проведены по общепринятым методикам (Сукачев, Зонн, 1961; Полевая геоботаника, 1964). Названия видов сосудистых растений даны по С. К. Черепанову (1995). Названия мхов приводятся согласно аннотированному списку видов мохообразных М.С. Игнатова и О.М. Афоной (Ignatov, Afonina, 1992). Для сравнительной оценки флористических списков применен коэффициент Серенсена–Чекановского (K_{sc}) (Шмидт, 1984). Для оценки видового богатства производился расчет показателей биоразнообразия (индексы Маргалефа, Шеннона, Симпсона) (Миркин и др., 1989) с помощью программного обеспечения PALSTAT (Hammer et al., 2001). Степень трансформации живого напочвенного покрова оценивалась по доле участия синантропных видов в составе фитоценоза (индекс синантропизации) (Горчаковский, 1984).

Оценка почвенно-экологических условий основана на Методических рекомендациях по выявлению деградированных и загрязненных земель (1995). В полевых условиях проводили морфологическое описание почвенных разрезов на пробных площадях, визуальную оценку антропогенной трансформации почвенного покрова на исследуемой территории. В лабораторных условиях определяли актуальную кислотность почв (рН H_2O) потенциометрическим методом (ГОСТ 26423-85).

Пр. пл. 1. Сосняк разнотравно-осочково-зеленомошный. Подлесок выражен как ярус (проективное покрытие более 70%). Доминантом является *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 60%. Доминантами и содоминантами являются *Carex macroura* Meinsh., *Thalictrum foetidum* L., *Rubus saxatilis* L., *Lathyrus humilis* (Ser.) Spreng. Мохово-лишайниковый покров с проективным покрытием 20% образован *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. с примесью *Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T.J. Кор., *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.

Пр. пл. 2. Сосняк осочково-разнотравный. Подлесок представлен как ярус с проективным покрытием 30% (доминанты *Cotoneaster melanocarpus*, *Rosa acicularis* Lindl., *Viburnum opulus* L.). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 70%. Доминантами являются *Carex macroura* Meinsh., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Thalictrum minus* L. Мохово-лишайниковый покров в виде отдельных пятен *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.

Пр. пл. 3. Сосняк разнотравно-осочковый. Подлесок выражен как ярус (30%), равномерно распределен по пробной площади (доминанты *Cotoneaster melanocarpus*, *Viburnum opulus*, *Swida alba* (L.) Opiz). Степень проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса составляет 90%. Доминантами и содоминантами являются *Carex macroura*, *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Thalictrum minus* L. и др. Мохово-лишайниковый покров (проективное покрытие 20%) состоит, в основном, из *Pleurozium schreberi* с примесью *Plagiomnium ellipticum*.

Пр. пл. 4. Сосняк разнотравно-осочково-зеленомошный. Подлесок представлен как ярус (проективное покрытие 80%), равномерно распределен по площади (доминанты *Cotoneaster melanocarpus*, *Viburnum opulus*). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 60%. Доминантами и содоминантами являются *Carex macroura*, *Rubus saxatilis*, *Geranium sylvaticum* L., *Thalictrum minus* и др. Проективное покрытие мохово-лишайникового покрова 70%. Доминантом является *Pleurozium schreberi*. Присутствуют *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Helodium blandowii* (F. Weber & D. Mohr) Warnst.

Пр. пл. 5. Сосняк разнотравно-зеленомошно-осочковый. Подлесок равномерно распределен по пробной площади, выражен как ярус (проективное покрытие 50%), разделен на 2 подъяруса (доминанты первого – *Cotoneaster melanocarpus*, *Swida alba*, второго – *Rosa acicularis*). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 90%. Доминантами и содоминантами являются *Carex macroura*, *Thalictrum foetidum*, *Rubus saxatilis*, *Vaccinium vitis-idaea* L. и др. Проективное покрытие мохово-лишайникового яруса 30%. Доминантами являются *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*.

Пр. пл. 6. (фон) Сосняк разнотравно-зеленомошный. Подлесок как ярус не выражен, представлен в виде отдельных особей *Padus avium* Mill., *Rosa acicularis*. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 60%. Доминантами и содоминантами являются *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Vaccinium vitis-idaea* L., *Carex macroura*, *Rubus saxatilis*. Проективное покрытие мохово-лишайникового покрова 90%. Доминантом является *Pleurozium schreberi*.

Пр. пл. 7. Сосняк разнотравно-осочково-зеленомошный. Подлесок равномерно распределен, занимает 10–15% площади, доминанты: *Sorbus aucuparia* L., *Padus avium*, *Salix caprea* L. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 90%. Доминанты и содоминанты: *Carex macroura*, *Pyrola rotundifolia* L., *Rubus saxatilis*, *Linnæa borealis* L. и др. Проективное покрытие мохо-

Таблица 2. Распределение деревьев по категориям состояния (% от суммы площадей поперечных сечений) и параметры отпада

Пр. пл.	Категории состояния деревьев					Средний диаметр, см	
	без признаков ослабления	ослабленные	сильно ослабленные	отпад		весь древостой	общий отпад
				текущий	общий		
1	54.3	39.8	5.0	0.5	0.9	28.7	13.7
2	22.3	59.8	12.2	1.5	5.7	31.4	30.0
3	66.3	32.6	0.4	—	0.7	48.9	44.0
4	57.9	35.9	5.7	—	0.5	39.3	31.9
5	74.4	21.4	2.5	1.0	1.7	42.2	33.6
6	64.4	29.6	3.6	0.9	2.4	45.3	32.3
7	56.2	41.8	1.1	—	0.9	34.5	16.8
8	70.6	25.9	2.1	—	1.4	44.9	27.9

Примечания. “—” отпад отсутствует.

во-лишайникового яруса составляет 60%: *Hylocomium splendens* (50%) и *Pleurozium schreberi* (10%).

Пр. пл. 8. Смешанное насаждение (8С1Е1БедЛ/6Е4Б) осочково-разнотравное. Подлесок слабо выражен (проективное покрытие 30%), неравномерно размещен по пробной площади (доминанты *Sorbus aucuparia*, *Padus avium*). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 70%. Доминантами и содоминантами являются *Carex macroura*, *Rubus saxatilis*, *Calamagrostis obtusata* Trin. Мохово-лишайниковый покров занимает менее 5% площади, приурочен к старому разложившемуся валежу и западинам между древесными корнями, представлен *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Atrichum undulatum* (Hedw.) P.Beauv.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Древостой. Оценка состояния древостоев проведена применительно к ценопопуляциям основной лесобразующей породы – сосны обыкновенной. Данные о соотношении площадей поперечного сечения стволов на высоте 1.3 м деревьев разных категорий состояния свидетельствуют о неоднозначной представленности в исследуемых дендроценозах деревьев без признаков ослабления (табл. 2). Наименьшая доля таких деревьев отмечается в сосняках, примыкающих к городу. Так, на пр. пл. 2 деревья без признаков ослабления составили только 22%. В этом же сосняке самая высокая доля общего отпада (деревья 4–6 категорий состояния), который накапливается из числа средних и крупных деревьев. Последнее характерно и для пр. пл. 3–5. На всех объектах величина отпада незначительна, текущее усыхание (деревья 4–5 категорий состояния) не превышает 1–2%. Незначительная доля отпада (пр. пл. 5) и его отсутствие (пр. пл. 4) связаны с проведением

выборочной санитарной рубки в 2017–2018 гг. по причине выявления очагов корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.).

Результаты интегральной оценки с использованием двух показателей указывают, что на настоящий момент жизненное состояние древостоев сосны на большей части объектов соответствует здоровой ценопопуляции (табл. 3). Ослабленным состоянием характеризуется сосновый древостой пр. пл. 2, наиболее подверженный хроническим техногенным загрязнениям.

Таблица 3. Показатели интегральной оценки состояния насаждений

Пр. пл.	Значения показателей состояния
1	$\frac{1.5}{84}$
	$\frac{2.1}{69}$
2	$\frac{1.4}{89}$
	$\frac{1.5}{85}$
3	$\frac{1.3}{90}$
	$\frac{1.4}{87}$
4	$\frac{1.5}{86}$
	$\frac{1.4}{90}$
5	$\frac{1.4}{87}$
	$\frac{1.4}{90}$
6	$\frac{1.4}{87}$
	$\frac{1.4}{90}$
7	$\frac{1.4}{87}$
	$\frac{1.4}{90}$
8	$\frac{1.4}{87}$
	$\frac{1.4}{90}$

Примечание. В числителе – K_{cp} ; в знаменателе – L (%).

Таблица 4. Показатели проявления болезней (повреждений)

Болезнь (повреждение), возбудитель (иная причина)	Пробная площадь							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Стволовая гниль, <i>Phellinus pini</i> [Brot.] Pilát	–	–	–	$\frac{0.7}{2.0}$	–	–	$\frac{1.4}{2.0}$	–
Рак-серянка, <i>Cronartium</i> sp.	–	$\frac{1.4}{6.0}$	–	$\frac{0.7}{6.0}$	$\frac{0.9}{4.0}$	$\frac{4.7}{5.4}$	$\frac{0.7}{2.0}$	$\frac{3.5}{5.0}$
Опухолевый рак, <i>Pseudomonas pini</i> Vuil.	–	–	$\frac{0.8}{2.0}$	$\frac{0.7}{2.0}$	–	$\frac{0.9}{1.0}$	–	–
Язвенный рак, смешанная этиология	–	$\frac{0.7}{2.0}$	–	–	–	–	–	–
Сухобокость, пожарная подсушина	–	$\frac{1.4}{2.0}$	$\frac{2.4}{1.3}$	$\frac{3.0}{1.5}$	$\frac{4.3}{1.4}$	$\frac{9.4}{1.3}$	$\frac{2.8}{1.8}$	$\frac{2.4}{1.5}$

Примечание. В числителе – распространенность (%), в знаменателе – вредоносность (K_{cp} больных (поврежденных) деревьев). “–” болезни и повреждения отсутствуют.

В ярусе эдификатора сосновых биогеоценозов выявлен комплекс болезней, большей частью неизменный в течение последних лет и характерный для всех объектов (табл. 4). Об этом же можно говорить и относительно показателей их проявления (распространенности и вредоносности): в частности, отсутствуют достоверные различия в пораженности объектов – распространенность болезней везде не превышает 5%. Значимым патогенным фактором (приводит к сильному ослаблению и усыханию) для единично поражаемых деревьев выступает рак-серянка. Исключением является упомянутая корневая гниль (возбудитель – *H. annosum*), деятельность которой в виде куртинного усыхания деревьев была обнаружена нами только на пр. пл. 4, 5. Сухобокость, отмечаемая почти на всех объектах, вероятнее всего, является следствием термического подсушивания тканей коры, флоэмы, камбия и заболони на стволах деревьев после низовых пожаров прошлых лет. Распространенность этого повреждения деревьев редко превышает 5% и приводит к их определенному ослаблению в зависимости от интенсивности пожара.

В результате исследований установлено удовлетворительное санитарное и жизненное состояние большей части изучаемых пригородных сосняков, которые по комплексу проанализированных показателей не отличаются от фоновых насаждений. Выявленные болезни и повреждения в равной степени присутствуют во всех сосняках, ввиду низкой их распространенности значительного влияния на древостой не оказывают. Потенциальную опасность для сосновых боров представляет корневая гниль, вызываемая корневой губкой, очаги которой отмечены пр. пл. 4, 5.

Подрост. При количественной оценке подроста в пригородных сосняках установлено, что

наибольшая густота подроста зафиксирована в сосновом насаждении пр. пл. 1. На этой пробной площади насчитывается до 12740 шт. га⁻¹ жизнеспособного подроста (табл. 5), что оценивается как “густой подрост” (Приказ ..., 2007). Также густой подрост выявлен на пр. пл. 6 и 7. На этих участках насчитывается 19380 и 10440 шт. га⁻¹ жизнеспособного подроста соответственно. Распределение подроста в пригородных насаждениях преимущественно куртинное.

Достаточное количество всходов и жизнеспособного подроста в пригородных лесах Красноярска можно объяснить уменьшением воздействия на них рекреационной и техногенной нагрузок (Скрипальщикова и др., 2017; Гончарова и др., 2020), что приводит к оптимизации условий их произрастания. По данным Государственных докладов о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае (2018, 2019, 2020), количество промышленных выбросов в г. Красноярск и пригородных территориях снижено (индекс загрязнения изменился с “очень высокого” на “высокий”) в связи с сокращением производства и внедрением эффективных очистных технологий. Дополнительный фактор в отдельных сосновых массивах (пр. пл. 4, 5) – улучшение светового режима для подроста после проведения выборочных санитарных рубок.

Важное значение при оценке возобновления имеет определение качественного состояния подроста. В настоящее время от 36.1 до 84.6% подроста по категории состояния оценены как здоровые (рис. 2).

Растительный покров. В изученных сосновых ценозах зафиксировано 17 видов кустарников, 92 вида травяно-кустарничкового яруса и 8 видов мхов. Максимальные значения видовой насыщенности отмечены на фоновой пр. пл. 6 и услов-

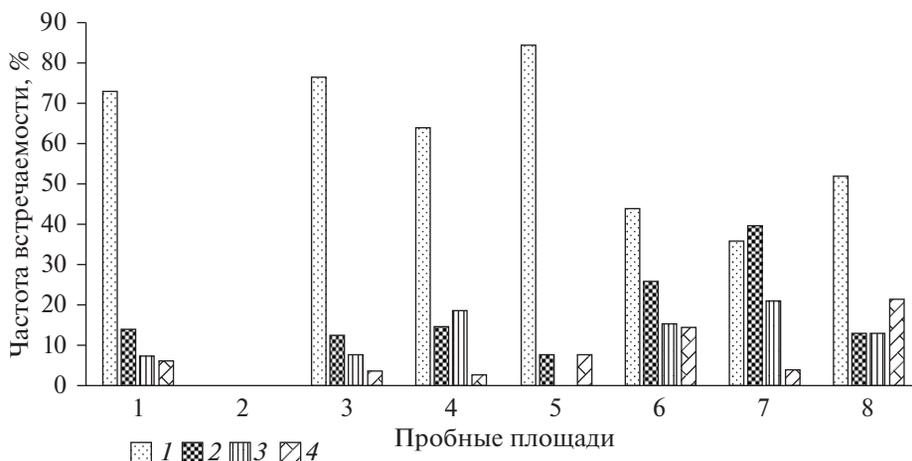


Рис. 2. Частота встречаемости жизнеспособного подростка различной категории жизненного состояния. 1 – здоровый; 2 – ослабленный; 3 – усыхающий; 4 – сухой.

но фоновой пр. пл. 7, наименьшее – на пр. пл. 1, расположенной в зоне основного переноса загрязняющих веществ (табл. 6). Значение коэффициента сходства Серенсена–Чекановского между флористическими списками на пробных площадях варьирует от 0.31 до 0.74. Большая часть пробных площадей характеризуется средним уровнем сходства между собой.

Вычисленные индексы видового разнообразия (рис. 3) не показали существенных отличий меж-

ду фоновыми и находящимися под антропогенным воздействием объектами.

Индекс видового богатства Маргалефа (принимаящий максимальное значение, если все особи принадлежат к разным видам) на изученных пробных площадях изменяется от 4.32 (пр. пл. 1) до 10.29 (пр. пл. 7). Наибольшие значения индекса отмечены на фоновой пр. пл. 6 – 9.36 и условно фоновой пр. пл. 7 – 10.29.

Таблица 5. Численные характеристики возобновления в сосновых насаждениях пригорода Красноярска

Пр. пл.	Численность всходов и самосева шт га ⁻¹	Численность жизнеспособного подростка по категориям высоты, шт га ⁻¹			Общая численность подростка в перечете на крупный подрост, шт га ⁻¹	Оценка возобновления*
		до 0.5 м	0.6–1.5 м	более 1.5 м		
1	12200	13000	7800	0	12740	Густой подрост
2	26200	0	0	0	0	Подрост отсутствует
3	25200	800	3400	1400	3500	Средний подрост
4	1000	2400	3000	1400	5000	Средний подрост
5	11000	9200	1000	200	5600	Средний подрост
6	3400	11400	11600	4400	19380	Густой подрост
7	6400	5200	8800	800	10440	Густой подрост
8	3000	1600	0	0	800	Редкий подрост

* В соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 16 июля 2007 г., № 183. “Об утверждении правил лесовосстановления”.

Таблица 6. Показатели видовой насыщенности сосновых биогеоценозов

Показатель	Пр. пл.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Видовое разнообразие, число видов на пробной площади	25	48	34	44	50	54	59	46
Видовая насыщенность, число видов на 1 м ²	4	5	6	6	6	7	7	6

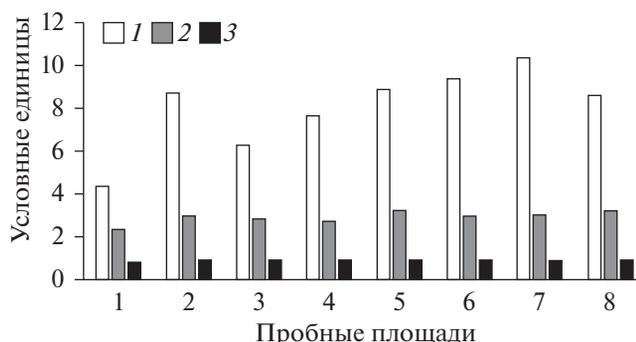


Рис. 3. Индексы видового разнообразия на пробных площадях. 1 – индекс Маргалефа; 2 – индекс Шеннона; 3 – индекс Симпсона.

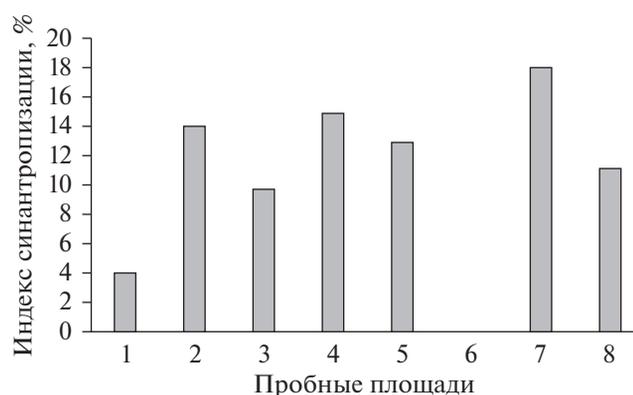


Рис. 4. Индекс синантропизации на изученных объектах.

Максимальные значения индекса Шеннона отмечены на пр. пл. 5 (3.23) и пр. пл. 8 (3.22), находящихся под умеренным антропогенным воздействием. На фоновом и условно фоновом объектах (пр. пл. 6, 7) индекс видового разнообразия ниже (2.99 и 3.04 соответственно). Минимальные значения индекса Шеннона (2.33) отмечены на пр. пл. 1.

Индекс Симпсона тем выше, чем сильнее доминирование одного или нескольких видов. На пр. пл. 1 и 4 индекс Симпсона имеет наименьшие значения 0.86 и 0.88, соответственно. На остальных объектах значение индекса Симпсона колеблется в интервале 0.90–0.94.

Синантропные виды вносят значительный вклад (по числу видов) (3.9–17.9%) в растительный покров всех пробных площадей, кроме пр. пл. 6 (фон), где индекс синантропизации равен 0 (рис. 4). Из изученных сосновых ценозов в настоящее время наибольший индекс синантропизации (17.9%) отмечен на пр. пл. 7. Трансформация флоры, проявляющаяся в наличии 17.9% синантропных видов, свидетельствует об антропогенном воздействии на нее, в частности, выпаса скота.

Согласно шкале антропогенной трансформации растительных сообществ (Прокопьев, Рыбина, 2010), на данный момент все изученные пробные площади (за исключением фоновой пр. пл. 6) находятся на стадии слабой трансформации, причем пр. пл. 1, 3 – в начальной фазе, а остальные – в заключительной фазе.

Почвенный покров. Почвы исследованных участков имеют полные профили, по строению соответствующие лесным почвам. Для всех исследованных почв характерно наличие хорошо развитого органогенного горизонта подстилки. На пр. пл. 6, 8 почвы относятся к типу темно-серых, которым соответствует следующая почвенная формула: O (5–7 см)-AU (25–32 см)-BT (17–35 см)-C, на пр. пл. 7 – к типу серых O (5 см)-AY (6 см)-AEL (10 см)-BT(35 см)-C.

Почвы в сосняках пр. пл. 1–5 следует относить к антропогенно-поверхностно-преобразованным, т.е. трансформированным типам серых почв. Эти почвы имеют развитые профили с признаками деградации верхних горизонтов (уменьшение мощности и уплотнение горизонта подстилки, качественное изменение состава органического вещества). По характеру нарушений они могут быть отнесены к городским урбо-серым почвам. На поверхности и в верхнем 5–10-сантиметровом горизонте присутствуют характерные механические загрязнения бытовым мусором (бумага, стекло, пластик). Почвенные формулы антропогенно-поверхностно-преобразованных почв имеют следующий вид: Our (2–4 см)-AY (6–12 см)-AEL (5–10 см)-BT (15–35 см)-C, AYur (5–12 см)-AEL(5–8 см)-BT(10–25 см)-C.

При изучении химических свойств почв, было установлено, что опробованные почвы на пр. пл. 1–3 по показателям кислотности относятся к слабо кислым (рН составляет 5.8–6.2 ед.). На пр. пл. 8 почвы имеют кислую-слабокислую реакцию, что характерно для темно-серых почв (рН составляет 5.0–5.6 ед.). Антропогенно-преобразованные серые почвы на пр. пл. 4, 5 характеризуются смещением кислотности в щелочной диапазон, достигая значений 7.6–7.8 ед. в верхних горизонтах подстилки и 0–5 см минерального профиля. Аналогичные факты подщелачивания почв в зонах воздействия предприятий металлургического производства были ранее опубликованы в литературе (Шергина и др., 2018).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современное состояние сосняков, произрастающих в зоне многолетнего антропогенного воздействия Красноярска, оценивается как удовлетворительное. Санитарное и жизненное состояние пригородных сосновых древостоев не отличаются от фоновых. Выявленные болезни и повреждения

характеризуются низкими показателями проявления и значительного влияния на древостои не оказывают.

В настоящее время в сосновых биогеоценозах отмечено хорошее возобновление сосны. Зафиксировано наличие всходов, значительного количества жизнеспособного подроста.

Живой напочвенный покров исследованных насаждений на данный момент находится на стадии слабой антропогенной трансформации (за исключением фоновой пробной площади).

Почвы под сосновыми экосистемами изучались впервые. Многолетний антропогенный пресс на почвенный покров пригородных сосняков вызвал в них трансформацию типов естественных почв. Их можно отнести к антропогенно-преобразованным. Эти почвы имеют развитые профили с признаками деградации верхних горизонтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А.С.* Мониторинг лесных систем: Учеб. пособие. Санкт-Петербург: Лесотехническая академия, 1997. 116 с.
- Алексеев В.А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
- Антипова Е.М.* Флора внутриконтинентальных островных лесостепей Средней Сибири. Красноярск: Красноярский гос. пед. университет им. В.П. Астафьева, 2012. 662 с.
- Анучин Н.П.* Лесная таксация. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.
- Воронцов А.И., Мозолевская Е.Г., Соколова Э.С.* Технология защиты леса. М.: Экология, 1991. 303 с.
- Гончарова И.А., Скрипальщикова Л.Н., Барченков А.П., Шушпанов А.С.* Оценка компонентов нижних ярусов растительного покрова в антропогенно нарушенных березняках Красноярской лесостепи // Извест. вузов. Лесной журн. 2020. № 1. С. 75–87.
- Горчаковский П.Л.* Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование // Экология. 1984. № 5. С. 3–16.
- ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
- Государственный доклад “О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2017 году”. Красноярск: Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края, 2018. 301 с.
- Государственный доклад “О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2018 году”. Красноярск: Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края, 2019. 292 с.
- Государственный доклад “О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2019 году”. Красноярск: Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края, 2020. 314 с.
- Журавлев И.И., Селиванова Т.Н., Черемисинов И.А.* Определитель грибных болезней деревьев и кустарников. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 246 с.
- Кузьмичев Е.П., Соколова Э.С., Мозолевская Е.Г.* Болезни древесных растений // Болезни и вредители в лесах России: Справочник. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, 2004. Т. I. 120 с.
- Лянгузова И.В., Ярмишко В.Т., Беляева А.И., Салихова Ф.С., Евдокимов А.С.* Состояние лесных экосистем Кольского полуострова на фоне снижения объемов антропогенных выбросов предприятием цветной металлургии // Растительные ресурсы. 2018. Т. 54. № 4. С. 65–72.
- Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель (Утверждено Минприроды Российской Федерации, 15.02.1995 г., Роскомземом 12.1994 г., Минсельхозпродом Российской Федерации, 26.01.1995 г.). М.: Роскомзем, 1995. 30 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г.* Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989. 222 с.
- Михайлова Т.А., Калугина О.В., Шергина О.В.* Динамика состояния сосновых лесов Предбайкалья в условиях воздействия антропогенных факторов // Сибирский лесной журн. 2017. № 1. С. 44–55.
- Михайлова Т.А., Калугина О.В., Шергина О.В.* Мониторинг техногенного загрязнения и состояния сосновых лесов на примере Иркутской области // Лесоведение. 2020. № 3. С. 265–273.
- Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С.* Методы лесопатологических обследований очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 52 с.
- Побединский А.В.* Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 62 с.
- Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. 527 с.
- Полякова Г.А., Малышева Т.В., Флеров В.А.* Антропогенное влияние на сосновые леса Подмосковья. М.: Наука, 1981. 144 с.
- Правила санитарной безопасности в лесах. Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации, 20.05.2017. № 607. М., 7 с.
- Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации “Об утверждении правил лесовосстановления” от 16.07.2007 г., № 183.
- Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. 403 с.
- Прокопьев Е.П., Рыбина Т.А.* Опыт мониторинга синантропизации и антропогенной трансформации растительного покрова особо охраняемых природных территорий г. Томска // Вестник Томского гос. университета. Серия: Биология. 2010. № 3(11). С. 109–118.
- Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований: Приложение 3 к приказу Рослесхоза от 29.12.2007 № 523. 74 с.
- Скрипальщикова Л.Н., Пономарева Т.В., Бажина Е.В., Барченков А.П., Белянин А.В.* Техногенные нагрузки на березняки Красноярской лесостепи // Сибирский лесной журн. 2017. № 6. С. 130–35.
- Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.

Черемисинов Н.А., Негруцкий С.Ф., Лешковцева И.И. Грибы и грибные болезни деревьев и кустарников. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 392 с.

Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 990 с.

Шергина О.В., Михайлова Т.А., Калугина О.В. Оценка экологического состояния почв Байкальского региона в условиях аэротехногенного загрязнения // Экологическая химия. 2018. № 27(1). С. 39–48.

Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1984. 288 с.

Ярмишко В.Т., Игнатъева О.В. Многолетний импактный мониторинг состояния основных лесов в центральной части Кольского полуострова. // Известия РАН. Серия биологическая. 2019, № 6. С. 658–668.

Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. V. 4. № 1. P. 9.

Ignatov M.C., Afonina O.M. Check-list of mosses of the former USSR // *Arctoa*. 1992. V. 1. P. 1–85.

Liira J., Sepp T., Parrest O. The forest structure and ecosystem quality in conditions of anthropogenic disturbance along productivity gradient // *Forest Ecology and Management*. 2007. V. 250. P. 34–46.

Contemporary Ecological State of Pine Ecosystems of the Krasnoyarsk Forest-Steppe

L. N. Skripal'shchikova¹, A. P. Barchenkov^{1, 2}, I. A. Goncharova^{1, 3, *}, T. V. Ponomaryova¹,
A. S. Shushpanov^{1, 4}, and A. I. Tatarintsev⁴

¹Forest Institute, Siberian Branch of the RAS, Academgorodok, 50 bldg. 28, Krasnoyarsk, 660036 Russia

²Siberian Federal University, Svobodny ave., 79, Krasnoyarsk, 660041 Russia

³Regional Museum of Krasnoyarsk, Dubrovinskogo st., 84, Krasnoyarsk, 660049 Russia

⁴Reshetnev's Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarskiy Rabochiy newspaper's ave., 31, Krasnoyarsk, 660037 Russia

*E-mail: iagoncharova007@mail.ru

An assessment was given regarding the current ecological state of the pine biogeocenoses components (forest stand, undergrowth, living ground cover, soil) in the Krasnoyarsk forest-steppe, growing in both the zone of long-term anthropogenic impact of Krasnoyarsk and under natural conditions (control plot). The studies were carried out on monitoring sample plots in forb pine forests. The current state of pine forests growing in the zone of long-term anthropogenic impact of Krasnoyarsk is assessed as satisfactory. The sanitary and vital state of suburban pine stands does not differ from the background ones. A good rate of pine regrowth has been established in the pine forests. The presence of seedlings and a significant amount of viable undergrowth was recorded. The living ground cover in pine forests at the moment is at the stage of weak recreational transformation (with the exception of the control sample plot). The soils under the studied pine stands in the zone of city's influence are anthropogenically transformed, have developed profiles with signs of degradation of the upper horizons.

Keywords: pine biogeocenoses, Krasnoyarsk forest-steppe, forest stands, undergrowth, living ground cover, soil.

Acknowledgements: The work has been conducted within the framework of basic research projects of the Forest Institute of the Siberian Branch of the RAS ("Natural and anthropogenic dynamics of taiga forests in Middle Siberia under the conditions of changing climate" № 0287-2021-0008 and "Functional dynamics indication of Siberian forests biodiversity" № 0356-2021-0009).

REFERENCES

Alekseev A.S., *Monitoring lesnykh ekosistem* (Monitoring of forest ecosystems), Saint Petersburg: Izd-vo SPbLTA, 1997, 116 p.

Alekseev V.A., Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derev'ev i drevostoev (Diagnostics of vitality of trees and stands), *Lesovedenie*, 1989, No. 4, pp. 51–57.

Antipova E.M., *Flora vnutrikontinental'nykh ostrovnykh lesostepei Srednei Sibiri* (Flora of the intracontinental insular forest-steppes of Central Siberia), Krasnoyarsk: Krasnoyarskii gos. ped. universitet im. V.P. Astaf'eva, 2012, 662 p.

Anuchin N.P., *Lesnaya taksatsiya* (Forest taxation), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1982, 552 p.

Cheremisov N.A., Negrutskii S.F., Leshkovtseva I.I., *Griby i gribnye bolezni derev'ev i kustarnikov* (Fungi and fungal diseases of trees and shrubs), Moscow: Lesn. prom-st', 1970, 392 p.

Czerepanov S.K., *Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR)*, Cambridge: Cambridge university press, 1995, 516 p.

Goncharova I.A., Skripal'shchikova L.N., Barchenkov A.P., Shushpanov A.S., Otsenka komponentov nizhnikh yarusov rastitel'nogo pokrova v antropogennno narushennykh bereznyakakh Krasnoyarskoi lesostepi (Understory vegetation cover components assessment in anthropogenically disturbed birch stands of Krasnoyarsk forest-steppe), *Izvest. vuzov. Lesnoi zhurnal*, 2020, No. 1, pp. 75–87.

Gorchakovskii P.L., Antropogennnye izmeneniya rastitel'nosti: monitoring, otsenka, prognozirovaniye (Anthropogenic changes in vegetation: monitoring, estimation, prognostication), *Ekologiya*, 1984, No. 5, pp. 3–16.

GOST 17.4.3.04-85.

Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy v Krasnoyarskom krae v 2017 godu", (State re-

- port "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2017"), Krasnoyarsk: Ministerstvo ekologii i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya Krasnoyarskogo kraia, 2018, 301 p.
- Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy v Krasnoyarskom krae v 2018 godu"*, (State report "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2018"), Krasnoyarsk: Ministerstvo ekologii i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya Krasnoyarskogo kraia, 2019, 292 p.
- Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy v Krasnoyarskom krae v 2019 godu"*, (State report "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2019"), Krasnoyarsk: Ministerstvo ekologii i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya Krasnoyarskogo kraia, 2020, 314 p.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D., PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis, *Palaentologia Electronica*, 2001, Vol. 4, No. 1, pp. 9.
- Ignatov M.C., Afonina O.M., Check-list of mosses of the former USSR, *Arctoa*, 1992, Vol. 1, pp. 1–85.
- Kuz'michev E.P., Sokolova E.S., Mozolevskaya E.G., *Bolezni drevesnykh rastenii. Bolezni i vrediteli v lesakh Rossii* (Diseases of wooded plants. Diseases and pests of the forests of Russia), Moscow: Izd-vo VNIILM, 2004, Vol. 1, 120 p.
- Liira J., Sepp T., Parrest O., The forest structure and ecosystem quality in conditions of anthropogenic disturbance along productivity gradient, *Forest Ecology and Management*, 2007, Vol. 250, pp. 34–46.
- Lyanguzova I.V., Yarmishko V.T., Belyaeva A.I., Salikhova F.S., Evdokimov A.S., Sostoyanie lesnykh ekosistem Kol'skogo poluostrova na fone snizheniya ob'emov antropogennykh vybrosov predpriyatiem tsvetnoi metallurgii (State of the Kola Peninsula pine forest ecosystems following reduced atmospheric emissions from the nonferrous smelter), *Rastitel'nye resursy*, 2018, Vol. 54, No. 4, pp. 65–72.
- Metodicheskie rekomendatsii po vyyavleniyu degradirovannykh i zagryaznennykh zemel'*, (Methodological recommendations for the identification of degraded and contaminated lands), Moscow: Roskomzem, 1995, 30 p.
- Mikhailova T.A., Kalugina O.V., Shergina O.V., Dinamika sostoyaniya osnovnykh lesov Predbaikal'ya v usloviyakh vozdeistviya antropogennykh faktorov (The dynamics of pine forests in Prebaikalia under anthropogenic impact), *Sibirskii lesnoi zhurnal*, 2017, No. 1, pp. 44–55.
- Mikhailova T.A., Kalugina O.V., Shergina O.V., Monitoring tekhnogenogo zagryazneniya i sostoyaniya osnovnykh lesov na primere Irkutskoi oblasti (Monitoring of technogenic pollution and pine forests weakening), *Lesovedenie*, 2020, No. 3, pp. 265–273.
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Naumova L.G., *Slovar' ponyatii i terminov sovremennoi fitotsenologii* (Vocabulary of terms and notions of modern phytocenology), Moscow: Nauka, 1989, 222 p.
- Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolova E.S., *Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov stvolovykh vreditel'ei i boleznei lesa* (Methods of forest pathological surveys in centers of mass outbursts of pests and diseases of forests), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1984, 152 p.
- Pobedinskii A.V., *Izuchenie lesovosstanovitel'nykh protsessov* (Study of reforestation processes), Moscow: Nauka, 1966, 64 p.
- Polevaya geobotanika*, (Field geobotany), Moscow, Leningrad: Nauka, 1964, Vol. 3, 527 p.
- Polyakova G.A., Malysheva T.V., Flerov A.A., *Antropogennoe vliyanie na osnovnye lesa Podmoskov'ya* (Human impact on the pine forests of Moscow region), Moscow: Nauka, 1981, 144 p.
- Pravila sanitarnoi bezopasnosti v lesakh, No. 607*, (Sanitary safety rules in forests. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation, No. 607), 20.05.2017.
- Prikaz Ministerstva prirodnykh resursov Rossiiskoi Federatsii "Ob utverzhdenii pravil lesovosstanovleniya" No. 183* (Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation "On Approval of the Rules for Reforestation" No. 183), 16.07.2007.
- Programma i metodika biogeotsenologicheskikh issledovaniy* (The program and technique of biogeocoenotical studies), Moscow: Nauka, 1974, 404 p.
- Prokof'ev E.P., Rybina T.A., Opyt monitoringa sinantropizatsii i antropogennoi transformatsii rastitel'nogo pokrova osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii g. Tomsk (Experience of monitoring synanthropization and anthropogenic transformation of vegetation of specially protected areas in Tomsk), *Vestnik Tomskogo gos. universiteta. Seriya: Biologiya*, 2010, No. 3(11), pp. 109–118.
- Rukovodstvo po planirovaniyu, organizatsii i vedeniyu lesopatologicheskikh obsledovaniy: Prilozhenie 3 k prikazu Rosleskhoza ot 29.12.2007 № 523*, (Guidelines for planning, organizing and conducting forest pathological surveys: Appendix 3 to the order of Rosleskhoz dated December 29, 2007), 74 p.
- Shergina O.V., Mikhailova T.A., Kalugina O.V., Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya pochv Baikal'skogo regiona v usloviyakh aerotekhnogenogo zagryazneniya (Assessment of soil ecological condition under industrial air pollution in Baikal region), *Ekologicheskaya khimiya*, 2018, No. 27(1), pp. 39–48.
- Shmidt V.M., *Matematicheskie metody v botanike* (Mathematical methods in botany), Leningrad: Izd-vo LGU, 1984, 288 p.
- Skipal'shchikova L.N., Ponomareva T.V., Bazhina E.V., Barchenkov A.P., Belyanin A.V., Tekhnogennye nagruzki na bereznyiaki Krasnoyarskoi lesostepi (Technogenic loads on birch stands in Krasnoyarsk forest-steppe), *Sibirskii lesnoi zhurnal*, 2017, No. 6, pp. 130–135.
- Sukachev V.N., Zonn S.V., *Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa* (Guidelines for the forest types study), Moscow: Izd. AN SSSR, 1961, 144 p.
- Vorontsov A.I., Mozolevskaya E.G., Sokolova E.S., *Tekhnologiya zashchity lesa* (Forest protection technology), Moscow: Ekologiya, 1991, 303 p.
- Yarmishko V.T., Ignateva O.V., Multiyear impact monitoring of pine forests in the central part of the Kola Peninsula, *Biology Bulletin*, 2019, Vol. 46, No. 6, pp. 636–645.
- Zhuravlev I.I., Selivanova T.N., Cheremisinov I.A., *Opredelitel' gribnykh boleznei derev'ev i kustarnikov* (Keys to fungal diseases of trees and shrubs), Moscow: Lesn. prom-st', 1979, 246 p.