

Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 40–48.  
Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 40–48.

Научная статья

УДК 631.4

DOI: 10.51318/FRET.2026.96.1.004

## ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ НА СВОЙСТВА ПОЧВ

Лидия Андреевна Сенькова<sup>1</sup>, Ольга Михайловна Астафьева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> senkova@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2597-662X>

<sup>2</sup> astafievaom@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9230-4380>

**Аннотация.** Статья посвящена изучению физико-химических и агрохимических свойств дерново-подзолистых почв сосняков искусственного происхождения на Среднем Урале. Исследование почвенного покрова в зоне промышленных выбросов предприятий важно для оценки влияния естественных и антропогенных факторов на свойства почв. Для исследования были подобраны участки в различных зонах поражения и фоновых условиях в сосновых насаждениях. Полученные данные свидетельствуют о том, что аэропромвыбросы в зонах среднего и сильного поражения проявляются в повышении гидролитической кислотности в верхних горизонтах до 10,2 и 11,3 мг-экв./100 г почвы соответственно. При этом сумма обменных оснований снижается до 10,8 и 9,8 мг-экв./100 г почвы по сравнению с таковой на контроле и в зоне слабого поражения (13,0–13,4 мг-экв./100 г почвы). Низкая степень насыщенности основаниями, характерная для гумусово-элювиального горизонта дерново-подзолистых почв (61,6 мг-экв./100 г почвы), в условиях сильного загрязнения снижается до 46,4 мг-экв./100 г почвы. Профили всех исследованных почв имеют резкую дифференциацию по содержанию и запасам гумуса. Воздействие аэропромвыбросов влияет на процесс гумификации, снижая содержание гумуса в верхнем горизонте с 4 % на контроле до 1 % при сильном поражении лесных насаждений. Низкое содержание питательных веществ естественных дерново-подзолистых почв неоднозначно подвергается изменению при воздействии промышленных отходов. Если содержание подвижного калия варьирует слабо, то содержание доступного фосфора становится выше вследствие повышения гидролитической кислотности.

**Ключевые слова:** агрохимические свойства почв, аэропромвыбросы, физико-химические свойства почв

**Для цитирования:** Сенькова Л. А., Астафьева О. М. Влияние промышленных поллютантов на свойства почв // Леса России и хозяйство в них. 2026. № 1 (96). С. 40–48.

Original article

## THE INFLUENCE OF INDUSTRIAL POLLUTANTS ON SOIL PROPERTIES

Lidiya A. Senkova<sup>1</sup>, Olga M. Astafieva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> senkova@u.sfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2597-662X>

<sup>2</sup> astafievaom@u.sfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9230-4380>

**Abstract.** The article is devoted to the study of physical and chemical, and agrochemical properties of sod-podzolic soils of pine forests of artificial origin in the Middle Urals. The research of soil cover in the industrial emission zones of enterprises is important for assessing the influence of natural and anthropogenic factors on soil properties. For the research sites were selected in various damage zones and background conditions in pine plantations. The data obtained indicate that industrial air emissions in zones of moderate and severe damage result in an increase of hydrolytic acidity in the upper horizons to 10,2 and 11,3 mg-eqv/100 of soils respectively. In this case the amount of exchanged bases is decreased to 10,8 and 9,8 mg-eqv/100 of soil respectively, compared to the reference value and the zone of weak soil damage (13,0–13,4 mg-eqv/100 of soil). The low degree of saturation with bases, characteristic for the humus eluvial horizon of sod-podic soils (61,6 mg-eqv/100 of soil) in conditions of heavy pollution is reduced to 46,4 mg-eqv/100 of soil. The profiles of all researched soils have a sharp differentiation in the content and reserves of humus. The impact of industrial air emissions affects the humification process, reducing the humus content in the upper horizon from 4 % to 1 % in the reference value, with severe damage to forest plantations. The low nutrient content of natural sod-podzolic soils is ambiguously altered by exposure to industrial waste. If the content of available potassium varies slightly, then the content of available phosphorus becomes higher due to an increase in hydrolytic acidity.

**Keywords:** agro chemical properties of soils, industrial air emissions, physical and chemical properties of soils

**For citation:** Senkova L. A., Astafieva O. M. The influence of industrial pollutants on soil properties // Forests of Russia and economy in them. 2026. № 1 (96). P. 40–48.

### Введение

Загрязнение атмосферы промышленными предприятиями – это сложный процесс, который зависит от множества факторов, влияющих на распределение вредных веществ в окружающей среде. Состав, свойства выбросов, способ поступления отходов, расстояние от источника загрязнения, роза ветров, рельеф местности, свойства почв и высота труб обуславливают локальное загрязнение природной среды (Антропогенные почвы..., 2003; Влияние продуктов..., 2006; Середина, 2015; Шепелев, 2017).

Одним из источников поступления вредных веществ в окружающую среду являются атмосферные выбросы промышленных предприятий.

Конечным пунктом на пути распространения выбросов может быть растительность, почва, вода и животные организмы. Влияние поллютантов на лесные насаждения является комплексным и может привести к изменению характеристик или свойств отдельных его компонентов (Состояние сообществ..., 2002; Залесов и др., 2008; Залесов и Кректунов, 2009; Астафьева, 2022; Астафьева и Астафьев, 2023; Залесов и др., 2017). В результате атмосферного загрязнения меняется ряд процессов, происходящих и внутри почвы. Изменение скорости разложения, путей миграции органических веществ, а также гумусообразования приводит к перераспределению веществ внутри почвенного профиля, влияет на почвообразовательные

процессы и миграцию элементов в малом и большом круговороте веществ (Хлыстов, 2016; Хлыстов и др., 2016; Химическое загрязнение..., 2025).

Тяжелые металлы, попадая в атмосферу, со временем оседают на почву. Почва «захватывает» металлы различными способами: адсорбция, осаждение, коагуляция, межпакетное поглощение глинистыми минералами. Попавшие в почву тяжелые металлы могут разлагаться органическими кислотами, связываться с органическими веществами почвы или осаждаться в виде нерастворимых солей. Однако перед этим они обязательно растворяются в воде, что делает их наиболее подвижными и доступными для растений и животных (Деградация и демутация..., 2002; Антропогенные почвы..., 2003).

Изучению влияния выбросов промышленных предприятий на почвы и почвообразовательные процессы посвящено большое количество работ. Исследования Е. Л. Воробейчик, Е. В. Хантемировой, П. В. Мещерякова, Е. В. Прокопович, Е. В. Кайгородовой показали изменение под воздействием поллютантов Среднеуральского медеплавильного завода физических и химических свойств почв, трансформации лесных фитоценозов и лесной подстилки.

#### **Цель, методика и объекты исследования**

Целью работы является исследование почв сосняков, расположенных в зоне атмосферного загрязнения Первоуральско-Ревдинского промышленного узла.

В почвенном покрове Свердловской области преобладают типичные подзолистые, дерново-подзолистые, глеево-подзолистые, бурые, горно-лесные, темно-серые, серые оподзоленные и глееватые почвы, а в поймах рек – дерново-луговые (О состоянии..., 2022). Поэтому для исследования были подобраны участки на территории Билимбаевского лесничества Свердловской области в возрасте 56–59 лет искусственного происхождения в сосняках ягодниковом и разнотравном, произрастающих на дерново-подзолистых почвах.

Весь район исследований представляет собой вытянутый в восточном направлении эллипс

с максимальной осью около 30 км и минимальной 20 км. Зонирование было выполнено Б. С. Фимушиным (1988).

В фоновых условиях была заложена пробная площадь 1, в зоне слабого поражения – 2, в зоне среднего поражения – 3, в зоне сильного поражения – 4.

Использовался полевой экспедиционный метод с заложением разрезов почв, морфологическим описанием их профилей, отбором образцов по генетическим горизонтам. Лабораторный метод включал исследование свойств отобранных образцов почв. Все исследования проводились в соответствии с принятыми методиками (Кауричев, 1980; Евдокимова, 1987; Карпачевский, Никонов, 2004; Классификация почв..., 2004; Шутов, Кожурин, 2011; Абрамова, Луганский, 2019; Основы..., 2020).

#### **Результаты и их обсуждение**

Почвенные разрезы заложены в средней или нижней части пологого склона в чистых сосняках в зонах среднего и слабого поражения и фоновых условиях и с преобладанием сосны обыкновенной до 8 единиц в составе в зоне сильного поражения. В подросте во всех зонах и в фоновых условиях встречается ель обыкновенная. В подлеске в насаждениях встречается малина лесная, черемуха обыкновенная, рябина обыкновенная, смородина красная, калина обыкновенная.

По мере приближения к источникам выбросов видовой состав подлеска становится скуднее. Состав живого напочвенного покрова в зоне слабого поражения и в фоновых условиях представлен следующими видами: бодяг полевой, мятлик обыкновенный, вейник лесной, вероника дубравная, вика мышиная, медуница неясная, грушанка круглолистная, земляника лесная, кислица обыкновенная, костяника каменистая, лапчатка прямостоячая, майник двулистный, смолевка поникшая, сныть обыкновенная, щитовник мужской, хвощ лесной, фиалка собачья, марьянник луговой. В зоне среднего поражения встречается буквица лекарственная, вейник лесной, грушанка круглолистная, земляника лесная, иван-чай узколистный, кислица обыкновенная, костяника каменистая, крохоблекка лекарственная, майник двулистный,

подмаренник северный, щитовник мужской, хвощ лесной, фиалка собачья, черника обыкновенная, а в зоне сильного поражения – вейник лесной, вика мышиная, герань лесная, грушанка круглолистная, звездчатка Бунге, золотарник обыкновенный, кровохлебка лекарственная, мать-и-мачеха обыкновенная, мятлик обыкновенный, сныть обыкновенная, щитовник мужской, фиалка собачья.

На всех подобранных участках после заложения почвенных разрезов, описания морфологических признаков, генетических горизонтов почвы,

полевого анализа основных почвообразовательных процессов почвы лесных насаждений были определены как постлитогенная текстурно-дифференцированная дерново-подзолистая турбированная (по классификации 2004 г.) или дерново-глубокоподзолистая слабодерновая легкосуглинистая почва на элювиально-делювиальных отложениях горных пород (по классификации 1977 г.).

Главнейшие физико-химические свойства почв определяются ее поглотительной способностью (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Физико-химические свойства почв в зонах поражения лесов аэропромвыбросами  
Physical and chemical properties of soils in forest damage zones by industrial air emissions

Разрез Section	Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	рН	H	S	ЕКО	V, %
				мг-экв./100 г почвы mg-eq./100 g of soil			
Контрольная зона Reference zone							
1	[AV-EL] <sub>tr</sub>	9-18	4,0	8,1	13,0	21,1	61,6
	EL	18-48	4,0	6,8	11,8	22,6	69,9
	BEL	48-72	4,1	5,4	14,9	21,3	69,9
	BT	72-101	4,3	5,3	18,8	24,1	78,0
	C	>101	5,8	4,1	19,0	23,1	82,2
Зона слабого поражения Weak damage zone							
2	[AV-EL] <sub>tr</sub>	6-17	4,2	9,4	13,4	23,8	52,8
	EL	17-27	4,2	6,2	10,0	16,2	61,7
	BEL	27-37	4,4	4,7	17,8	22,5	79,0
	BT	37-50	5,2	3,1	20,0	23,1	86,0
	C	>50	6,0	2,8	20,8	23,6	88,1
Зона среднего поражения Medium damage zone							
3	[AV-EL] <sub>tr</sub>	8-20	4,0	10,2	10,8	21,0	51,0
	EL	20-33	4,0	8,2	12,6	20,8	60,6
	BEL	33-50	4,0	4,3	17,0	21,3	79,8
	BT	50-85	4,5	3,0	19,1	22,1	86,4
	C	>85	6,0	2,8	19,8	22,6	87,6
Зона сильного поражения Severe damage zone							
4	[AV-EL] <sub>tr</sub>	8-13	4,0	11,3	9,8	21,1	46,4
	EL	13-24	4,0	9,0	10,4	19,4	53,6
	BEL	24-43	4,6	4,9	17,4	22,3	78,0
	BT	43-70	5,0	3,4	19,6	23,0	85,0
	C	>70	6,0	3,4	19,1	22,5	84,8

Актуальная реакция почвенного раствора верхних горизонтов почв во всех зонах находится в пределах сильнокислых показателей. Вниз по профилю происходит незначительное повышение этого показателя, и в материнской породе pH близок к значениям 5,2–6,0.

При загрязнении почв аэропромвыбросами в зонах среднего и сильного поражения появляются дополнительно кислые компоненты. На их накопление указывает повышение гидролитической кислотности ( $H$ ), которую можно выявить только гидролитически щелочными солями. При этом сумма обменных оснований ( $S$ ) верхних горизонтов снижается по сравнению с таковой на контроле и в зоне слабого поражения. Емкость катионного обмена (ЕКО) низкая и имеет незначительную вариабельность в зонах загрязнения.

Степень насыщенности почв основаниями ( $V$ ) во всех вариантах низкая. При этом повышение

повреждения лесных насаждений влечет снижение этого показателя. Вероятно, снижение продуктивности растительности ведет к уменьшению растительного опада, богатого кальцием и магнием.

В табл. 2 приведена агрохимическая характеристика почв в зонах поражения лесов аэропромвыбросами.

Содержание гумуса в верхних горизонтах почвы контрольной зоны составляет от 4 до 2 %, его запас по профилю – 118,4 т/га, что является низкими показателями.

Воздействие промышленных выбросов влияет на процессы гумификации. Повышение степени поражения лесов отражается на снижении содержания гумуса. Если в зоне слабого поражения лесных насаждений в верхних горизонтах еще не отмечается дегумификации, то в зонах среднего поражения содержание гумуса составляет от 4 до 1 % и при сильном поражении – всего 1 %.

Таблица 2

Table 2

Агрохимическая характеристика почв в зонах поражения лесов аэропромвыбросами  
Agrochemical characteristics of soils in forest damage zones by industrial air emissions

Разрез Section	Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	Гумус, % Humus, %	Запас гумуса, т/га Humus supply, t/ha	Подвижные формы, мг/100 г Mobile forms, mg/100 g	
Контрольная зона Reference zone						
1	[AV-EL] <sub>tr</sub>	9–18	4,0	34,6	2,5	7,2
	EL	18–48	2,0	73,8	2,5	5,7
	BEL	48–72	–	–	2,5	4,6
	BT	72–101	–	–	2,5	4,6
	C	>101	–	–	5,0	4,6
Всего по профилю Total by profile				118,4	–	–
Зона слабого поражения Weak damage zone						
2	[AV-EL] <sub>tr</sub>	6–17	4,0	44,0	2,5	5,7
	EL	17–27	2,0	25,8	2,5	4,6
	BEL	27–37	–	–	2,5	4,6
	BT	37–50	–	–	5,5	4,6
	C	>50	–	–	5,0	4,6
Всего по профилю Total by profile				69,8	–	–

Окончание табл. 2  
The end of the table 2

Разрез Section	Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	Гумус, % Humus, %	Запас гумуса, т/га Humus supply, t/ha	Подвижные формы, мг/100 г Mobile forms, mg/100 g	
Зона среднего поражения Medium damage zone						
3	[AV-EL] <sub>tr</sub>	8–20	4	49,0	5,0	5,7
	EL	20–33	1	16,9	2,5	4,6
	BEL	33–50	–	–	2,5	7,7
	BT	50–85	–	–	5,0	5,7
	C	>85	–	–	4,5	4,6
Всего по профилю Total by profile				65,9	–	–
Зона сильного поражения Severe damage zone						
4	[AV-EL] <sub>tr</sub>	8–13	1	5,5	7,5	7,7
	EL	13–24	1	14,9	2,5	4,6
	BEL	24–43	–	–	2,5	7,7
	BT	43–70	–	–	2,5	4,6
	C	>70	–	–	4,2	4,6
Всего по профилю Total by profile				20,4	–	–

Запасы гумуса в почве снижаются от 118,4 т/га в экологически чистой контрольной зоне до 20,4 т/га при сильном поражении леса. Процесс снижения образования гумуса наблюдается визуально в облике лесной подстилки. В зоне сильного поражения мощность слаборазложившейся части лесной подстилки выше и элементы фракций лесной подстилки покрыты пылеобразными частицами.

Содержание подвижных форм фосфора в контрольной зоне и зоне слабого поражения низкое (2,5 мг/100 г почвы), однако имеет тенденцию к повышению до среднего уровня обеспеченности в зонах среднего и высокого поражения (5,0–7,5 мг/100 г почвы). Это явление можно объяснить способностью соединений фосфора переходить в доступную форму при повышении гидролитической кислотности. Обеспеченность

почв калием по горизонтам несколько колеблется, но остается в пределах низких показателей (4,6–7,7 мг/100 г почвы) во всех вариантах исследования в связи с тем, что почвы таежно-лесной зоны слабо обеспечены гидрослюдами, являющимися источником калия.

### Выводы

Загрязнение территории аэропромвыбросами вызывает не только поражение лесных насаждений, но и загрязнение почвенного покрова с проявлением деградационных изменений свойств почв. Из них наиболее выраженными являются физико-химические показатели. Условно положительные свойства возникают при воздействии отходов производства на доступность для растений соединений фосфора.

## Список источников

- Абрамова, Л. П., Луганский В. Н. Почвоведение : метод. указ. Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. 30 с.
- Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация : учеб. пособие / М. И. Герасимова, М. Н. Строганова, М. В. Можарова, Т. В. Прокофьева. М., 2003. 53 с.
- Астафьева О. М. Влияние промышленных выбросов на подстилку сосняков в различных зонах поражения // Лесное хозяйство: актуальные проблемы и пути их решения : сб. науч. ст. по матер. Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Нижний Новгород : Нижегород. гос. с.-х. акад., 2022. С. 139–142.
- Астафьева О. М., Астафьев А. М. Оценка санитарного состояния сосняков в условиях атмосферного загрязнения // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 4 (87). С. 49–54.
- Основы фитомониторинга / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, А. Г. Магасумова, Р. А. Осипенко. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 90 с.
- Влияние продуктов сжигания попутного газа при добыче нефти на репродуктивное состояние сосновых древостоев в северотаежной подзоне / Д. Р. Аникеев, И. А. Юсупов, Н. А. Луганский [и др.] // Экология. 2006. № 2. С. 122–126.
- Деградация и демутиация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи / С. В. Залесов, Н. А. Кряжевских, Н. Я. Крупинин [и др.]. Екатеринбург, 2002. 436 с.
- Евдокимова Т. И. Почвенная съемка. М. : Изд-во МГУ, 1987. 271 с.
- Залесов С. В., Бачурина А. В., Бачурина С. В. Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь», и реакция их компонентов на проведение рубок обновления. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/6620> (дата обращения: 27.05.2025).
- Залесов С. В., Колтунов Е. В., Лаишевцев Р. Н. Основные факторы пораженности сосны корневыми и стволовыми гнилями в городских лесопарках // Защита и карантин растений. 2008. № 2. С. 56–58.
- Залесов С. В., Кректунов Е. В. Содержание тяжелых металлов в почве городских лесопарков г. Екатеринбург // Аграрный вестник Урала. 2009. № 6 (60). С. 71–72.
- Карпачевский Л. О., Никонов В. В. Лесное почвоведение в XXI веке // Лесоведение. 2004. № 4. С. 3–5.
- Кауричев И. С. Практикум по почвоведению. М. : Колос, 1980. 272 с.
- Классификация почв России 2004 г. // Информационно-справочная система по классификации почв России : [сайт]. URL: <http://infooil.ru/index.php?pageID=clas04mode> (дата обращения: 11.05.2025).
- О состоянии окружающей среды на территории Свердловской области в 2022 г. : гос. доклад // Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области : [сайт]. URL: <https://mprso.midural.ru/uploads/2023/09/> (дата обращения: 03.06.2024).
- Середина В. П. Загрязнение почв : учеб. пособие. Томск : Томск. гос. ун-та, 2015. 346 с.
- Состояние сообществ дереворазрушающих грибов в работе нефтегазодобычи / И. В. Ставищенко, С. В. Залесов, Н. А. Луганский [и др.] // Экология. 2002. № 3. С. 175–184.
- Фимушин Б. С. Влияние промышленных выбросов на текущий прирост сосновых древостоев // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1988. Вып. 14. С. 116–122.
- Химическое загрязнение среды промышленностью // EcoPortal : [сайт]. URL: <https://ecoportal.su/public/zagruazn/view/421.html> (дата обращения: 27.05.2025).
- Хлыстов И. А. Трансформация органического вещества почв в зоне загрязнения выбросами Среднеуральского медеплавильного завода : автореф. ... дис. канд. биол. наук / Хлыстов Иван Андреевич. Уфа, 2016. 16 с.
- Хлыстов И. А., Сенькова Л. А., Карпунин М. Ю. Ферментативная активность почв в зоне загрязнения выбросами медеплавильного завода // Аграрный вестник Урала. 2016. № 1 (143). С. 72–76.

*Шепелев М. А.* Экология почв. Костанай : Костанайск. гос. ун-т им. А. Байтурсынова, 2017. 135 с.  
*Шутов В. В., Кожурин С. И.* Словарь-справочник лесного инженера. Кострома : Изд-во КГТУ, 2011. 123 с.

### References

- Abramova L. P., Lugansky V. N.* Soil science : methodological guidelines. Yekaterinburg : USFEU, 2019. 30 p.  
 Anthropogenic soils: genesis, geography, reclamation : studies. the manual / *M. I. Gerasimova, M. N. Stroganova, M. V. Mozharova, T. V. Prokofieva.* Moscow, 2003. 53 p.
- Astafyeva O. M.* The influence of industrial emissions on the litter of pine forests in various affected areas // Forestry: actual problems and ways to solve them : collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian (national) scientific and Practical conference. Nizhny Novgorod : Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 2022. P. 139–142. (In Russ.)
- Astafieva O. M., Astafiev A. M.* Assessment of the sanitary condition of forests in atmospheric pollution // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 4 (87). P. 49–54. (In Russ.)
- Chemical pollution of the environment by industry // EcoPortal : [website]. URL: <https://ecoportal.su/public/zagryazn/view/421.html> (accessed 27.05.2025).
- Classification of soils of Russia 2004 // Information and reference system for classification of soils of Russia : [website]. URL: <http://infooil.ru/index.php?pageID=clas04mode> (accessed 11.05.2025).
- Degradation and demutation of forest ecosystems in conditions of oil and gas production / *S. V. Zalesov, N. A. Kryazhevskikh, N. Ya. Krupinin* [et al.]. Yekaterinburg, 2002. 436 p.
- Evdokimova T. I.* Soil survey. Moscow : Publishing House of Moscow State University, 1987. 271 p.
- Fimushin B. S.* The impact of industrial emissions on the current growth of pine stands // Forests of Urals and the economy in them. Sverdlovsk, 1988. Issue 14. P. 116–122. (In Russ.)
- Fundamentals of phytomonitoring / *N. P. Bunkova, S. V. Zalesov, A. G. Magasumova, R. A. Osipenko* // Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2020. 90 p.
- Karpachevsky L. O., Nikonov V. V.* Forest soil science in the XXI century // Forest science. 2004. № 4. P. 3–5. (In Russ.)
- Kaurichev I. S.* Practicum on soil science. Moscow : Kolos, 1980. 272 p.
- Khlystov I. A.* Transformation of soil organic matter in the emission pollution zone of the Sredneural'sky copper smelter: abstract of the dissertation of the candidate of Biological Sciences : 03.02.13 / *Khlystov Ivan Andreevich.* Ufa, 2016. 16 p.
- Khlystov I. A., Senkova L. A., Karpukhin M. Yu.* Enzymatic activity of soils in the zone of pollution by emissions from a copper smelter // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. № 1 (143). P. 72–76. (In Russ.)
- Mid V. P.* Soil pollution : a study guide. Tomsk : Publishing House of Tomsk State University, 2015. 346 p.
- Shepelev M. A.* Soil Ecology. Kostanay : Kostanay State University named after A. Baitursynov, 2017. 135 p.
- Shutov V. V., Kozhurin S. I.* Dictionary-handbook of A Forest Engineer. Kostroma : Publishing House of KSTU, 2011. 123 p.
- On the state of the environment in the Sverdlovsk region in 2022 : State report // Ministry of Natural Resources and Ecology of the Sverdlovsk region : [website]. URL: <https://mprso.midural.ru/uploads/2023/09/> (accessed 03.06.2024).
- The influence of associated gas combustion products during oil production on the reproductive state of pine stands in the North Taiga subzone / *D. R. Anikeev, I. A. Yusupov, N. A. Lugansky* [et al.] // Ecology. 2006. № 2. P. 122–126. (In Russ.)
- The state of communities of wood-destroying fungi in the work of oil and gas production / *I. V. Stavishenko, S. V. Zalesov, N. A. Lugansky* [et al.] // Ecology. 2002. № 3. P. 175–184. (In Russ.)

Zalesov S. V., Bachurina A. V., Bachurina S. V. The state of forest plantations exposed to the influence of industrial pollutants of Karabashmed CJSC and the reaction of their components to the logging of renewal. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2017. URL: <http://elar.-usfeu.ru/handle/123456789/6620> (accessed 27.05.2025).

Zalesov S. V., Koltunov E. V., Laishevtsev R. N. The main factors of pine root and stem rot infestation in urban forest parks // Protection and quarantine of plants. 2008. № 2. P. 56–58. (In Russ.)

Zalesov S. V., Krektunov E. V. The content of heavy metals in the soil of urban parks in Yekaterinburg // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. № 6 (60). P. 71–72. (In Russ.)

#### ***Информация об авторах***

*Л. А. Сенькова – доктор биологических наук, доцент;*

*О. М. Астафьева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.*

#### ***Information about the authors***

*L. A. Senkova – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor;*

*O. M. Astafieva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.*

*Статья поступила в редакцию 29.05.2025; принята к публикации 10.10.2025.*

*The article was submitted 29.05.2025; accepted for publication 10.10.2025.*

---

---