

УДК 504.054

Особенности загрязнения почвы на территории аэропорта, выявленные по результатам инженерно-экологических изысканий

О. К. Суворова, В. Я. Соловьева, М. С. Абу-Хасан, А. В. Харламова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Суворова О. К., Соловьева В. Я., Абу-Хасан М. С., Харламова А. В. Особенности загрязнения почвы на территории аэропорта, выявленные по результатам инженерно-экологических изысканий // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 3. — С. 715–720. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-3-715-720

Аннотация

Цель: Изучение специфики загрязнения почвы по результатам проведенных инженерно-экологических изысканий, выполненных в ходе реконструкции аэропорта. Выявление наличия токсикантов в почвогрунтах в ходе натурных исследований на территории аэропорта по результатам исследований проб на химические, бактериологические, паразитологические и токсикологические показатели. Оценка соответствия качества почвогрунта требованиям СанПиН 1.2.3685—21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». **Методы:** Определение концентраций загрязняющих веществ проводилось послойно на глубинах 0,0–0,2 м; 0,2–1,0 м; 1,0–2,0; 2,0–3,0; 3,0–4,0; 4,0–5,0; 5,0–6,0; 6,0–7,0; 7,0–8,0 м. В отобранных пробах почвы определялось: содержание тяжелых металлов (свинец, кадмий, цинк, медь, никель, ртуть, мышьяк, значение pH; содержание органических токсикантов (полиароматические углеводороды (бенз(а)пирен); нефтепродукты); токсикологические показатели почвогрунтов участка на всю глубину (сводная проба) (0,0–2,0 м) (2 тест-объекта: *Escherichia coli* и *Paramecium caudatum*) **Результаты:** Выявлены несоответствия гигиеническим требованиям к содержанию в почвогрунтах следующих химических веществ: цинка, меди, кадмия, свинца и никеля, нефтепродуктов. В основном опасная категория почвы наблюдалась в поверхностном слое почвогрунта (0,0–0,2 м) и на глубине 0,2–1,0 м, однако также было выявлено сверхнормативное загрязнение почвы свинцом на глубинах 2,0–3,0 м и 4,0–5,0 м и сверхнормативное загрязнение почвы никелем наблюдалось на всех горизонтах до глубины 8,0 м. По микробиологическим и паразитологическим показателям все пробы относятся к категории «чистая». **Практическая значимость:** Проведен анализ уровня загрязнения почвогрунтов на территории аэропорта в Тюменской области. Исследованы концентрации экотоксикантов в почве, проанализированы возможные причины превышения допустимого содержания загрязняющих веществ. По результатам анализа возможных причин превышения допустимого содержания загрязняющих веществ в почвогрунте установлена необходимость проведения мероприятий по защите почвогрунта от дальнейшего поступления загрязняющих веществ.

Ключевые слова: Инженерно-экологические изыскания, тяжелые металлы, экотоксиканты, концентрация, предельно-допустимая концентрация, окружающая природная среда.

В 2018 году в рамках реализации федерального проекта «Развитие региональных аэропортов и маршрутов» АО «ПИИНИИ ВТ «Ленаэропроект» были выполнены инженерно-экологические изыскания (ИЭИ) для аэропорта на территории Тюменской области [1].

В соответствии с СП 11-102—97 «инженерно-экологические изыскания для строительства выполняются для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения» [2].

В ходе реконструкции аэропортов предусматривалось строительство ангарного комплекса для технического обслуживания воздушных судов.

В составе инженерно-экологических исследований были проведены исследования уровня загрязнения почвогрунтов по следующим показателям:

1. Обследование почвогрунтов поверхности участка (0,0–0,2 м; 0,2–1,0 м; 1,0–2,0; 2,0–3,0; 3,0–4,0; 4,0–5,0; 5,0–6,0; 6,0–7,0; 7,0–8,0 м) для определения величин концентраций следующих экотоксикантов [3–5]:

- тяжелые металлы (свинец, кадмий, цинк, медь, никель, ртуть), мышьяк, рН;
- органические токсиканты (полиароматические углеводороды (бенз(а)пирен); нефтепродукты);
- токсикологическое обследование грунтов участка на всю глубину (сводная проба) (0,0–2,0 м) (2 тест-объекта).

2. Обследование поверхностного слоя грунтов участка на бактериологические и паразитологические показатели:

- индекс БГКП;

- индекс энтерококков;
- патогенная кишечная флора, в том числе сальмонеллы, яйца, личинки гельминтов, цисты кишечных простейших, патогенных для человека.

Оценка степени химического загрязнения почвы при загрязнении почвы веществами неорганической природы проводилась с учетом класса опасности, ПДК и максимального значения допустимого уровня содержания элемента (K_{\max}) по одному из четырех показателей вредности в соответствии с табл. 4.5 СанПиН 1.2.2386—21 [6].

Оценка уровня загрязнения почвы нефтепродуктами проводилась в соответствии с «Порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами (утв. Роскомземом 10 ноября 1993 г. и Минприроды РФ 18 ноября 1993 г)»:

- < 1000 мг/кг — допустимый уровень загрязнения;
- 1000–2000 мг/кг — низкий уровень загрязнения;
- 2000–3000 мг/кг — средний уровень загрязнения;
- 3000–5000 мг/кг — высокий уровень загрязнения;
- > 5000 мг/кг — очень высокий уровень загрязнения.

Фоновые концентрации загрязняющих веществ в почве приняты согласно табл. 4.1 СП 11-102—97 [2].

По результатам проведенных исследований установлено, что Z_c (суммарный показатель химического загрязнения почвы) в пробах изменяется от 3 до 107, а категория загрязнения изменяется от допустимой до опасной.

В пробах почвы с категорией загрязнения «Опасная» обнаружены повышенные концентрации цинка, меди, кадмия, свинца и никеля. Превышения гигиенических нормативов по содержанию в почвогрунтах тяжелых металлов выявлены: по цинку, меди, кадмию, свинцу и никелю в точке

ТАБЛИЦА 1. Содержание загрязняющих веществ в пробах почвогрунта на территории аэропорта в Тюменской области

Точка отбора проб	Глубина отбора, м	рН, ед. рН	Содержание в пробе С _i / ПДК								Содержание в пробе, мг	Z _c	Категория загрязнения
			Hg	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni	As	БП			
T001	0–0,2	8	0,01	1,11	8,33	4,20	3,81	3,51	—	5,00	938	107	Опасная
T001	0,2–1,0	7,4	0,01	0,77	0,90	0,26	3,13	1,69	—	—	130	26	Опасная
T001	1,0–2,0	7,7	0,01	0,30	0,55	—	—	0,70	—	—	59	4	Допустимая
T001	2,0–3,0	7,6	0,01	0,67	0,74	—	—	1,28	—	—	<50	7	Допустимая
T002	0–0,2	7,7	0,01	0,81	0,88	0,70	0,03	1,25	—	0,50	161	13	Опасная
T002	0,2–1,0	7,3	0,01	0,69	0,85	0,52	—	1,41	—	0,95	126	12	Допустимая
T002	1,0–2,0	7,2	0,01	0,41	0,61	—	—	0,82	—	—	82	4	Допустимая
T002	2,0–3,0	8,1	0,01	0,74	0,75	—	—	1,07	—	0,35	<50	6	Допустимая
T003	0–0,2	8,2	0,01	0,12	0,92	—	—	14,40	—	0,95	5644	51	Опасная
T003	0,2–1,0	7,9	0,01	0,58	0,84	0,54	—	1,13	—	—	1281	11	Опасная
T003	1,0–2,0	7,6	0,01	0,51	0,75	0,46	—	0,99	—	—	1173	9	Опасная
T003	2,0–3,0	8	0,01	0,49	0,68	—	0,12	0,94	—	—	84	5	Допустимая
T004	0–0,2	6,9	0,01	0,61	1,08	0,38	—	1,23	—	—	132	11	Опасная
T004	0,2–1,0	6,39	0,01	0,65	0,81	0,42	—	1,45	—	—	128	11	Опасная
T004	1,0–2,0	8,4	0,01	0,37	0,65	0,72	—	0,89	—	—	<50	11	Допустимая
T004	2,0–3,0	7,6	0,01	0,59	0,67	—	4,34	0,94	—	—	<50	27	Опасная
T004	3,0–4,0	7,8	0,01	0,34	0,26	0,18	0,13	0,69	—	—	<50	3	Допустимая
T004	4,0–5,0	7,7	0,01	0,34	0,23	0,22	3,66	0,66	—	—	<50	22	Опасная
T005	0–0,2	8	0,01	0,86	0,60	0,52	2,91	1,87	—	—	786	27	Опасная
T005	0,2–1,0	7,6	0,01	0,73	0,87	—	—	1,55	—	—	116	8	Опасная
T005	1,0–2,0	7,8	0,01	0,28	0,56	—	—	0,67	—	—	<50	4	Допустимая
T005	2,0–3,0	7,7	0,01	0,62	0,73	—	—	1,30	—	0,35	<50	7	Опасная
T005	3,0–4,0	7,7	0,01	0,61	0,74	—	—	1,28	—	—	<50	7	Опасная
T005	4,0–5,0	7,8	0,01	0,63	0,75	—	—	1,22	—	—	<50	6	Опасная
T005	5,0–6,0	7,8	0,01	0,61	0,75	—	—	1,28	—	—	<50	7	Опасная
T005	6,0–7,0	7,6	0,01	0,61	0,76	—	0,10	1,25	—	—	<50	6	Опасная
T006	0–0,2	7,7	0,01	0,77	0,85	0,26	0,09	1,22	—	0,55	173	9	Опасная
T006	0,2–1,0	7,3	0,01	0,66	0,86	—	0,29	1,48	—	0,90	138	8	Опасная
T006	1,0–2,0	7,3	0,01	0,66	0,61	—	—	0,95	—	—	90	5	Допустимая
T006	2,0–3,0	8	0,01	0,66	0,74	—	—	1,07	—	—	<50	6	Опасная
T006	3,0–4,0	8,1	0,01	0,67	0,60	0,48	—	1,29	—	—	<50	10	Опасная
T006	4,0–5,0	8	0,01	0,65	0,36	0,24	—	1,13	—	—	<50	6	Опасная
T006	5,0–6,0	7,9	0,01	0,66	0,42	0,20	—	1,20	—	—	<50	6	Опасная
T006	6,0–7,0	8	0,01	0,66	0,38	0,48	—	1,31	—	—	<50	9	Допустимая
T006	7,0–8,0	8,0	0,01	0,65	0,37	0,44	—	1,24	—	—	<50	8	Допустимая
T007	0–0,2	7,0	0,01	0,56	0,38	0,22	0,29	1,24	—	—	156	7	Опасная
T007	0,2–1,0	6,9	0,01	0,61	0,84	—	—	1,47	—	—	138	8	Допустимая
T007	1,0–2,0	8,0	0,01	0,34	0,68	—	—	0,93	—	—	<50	5	Допустимая
T007	2,0–3,0	7,7	0,01	0,51	0,72	—	—	0,99	—	—	<50	5	Допустимая
T007	3,0–4,0	7,8	0,01	0,49	0,70	—	—	0,99	—	—	<50	5	Допустимая
T007	4,0–5,0	8,0	0,01	0,48	0,68	—	—	1,02	—	—	<50	5	Опасная
T007	5,0–6,0	7,9	0,01	0,46	0,69	—	—	1,00	—	—	<50	5	Опасная

ТАБЛИЦА 2. Величины ПДК (ОДК) загрязняющих веществ и фоновые значения концентраций тяжелых металлов в почве

	Hg	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni	As	БП	НП
Значение ПДК (ОДК), мг/кг ¹):		55	33	0,50	32	20	2	0,02	1000
Фоновое значение, мг/кг ²):	0,05	28	8	0,05	6	6	1,5	—	—

отбора проб № 1; в точках отбора проб № 2, 6, 7 превышения ПДК выявлены только по никелю; в точке отбора проб № 3 выявлены превышения никеля и нефтепродуктов (максимальное значение составило 5644 мг/кг, что характеризуется очень высоким уровнем загрязнения почвы); в точках № 4, 5 выявлены превышения ПДК по меди, никелю и свинцу.

В основном опасная категория почвы наблюдалась в поверхностном слое почвогрунта (0,0–0,2 м) и на глубине 0,2–1,0 м, однако в точке отбора проб № 4 выявлено сверхнормативное загрязнение почвы свинцом на глубинах 2,0–3,0 м и 4,0–5,0 м, а сверхнормативное загрязнение почвы никелем наблюдалось в точке отбора проб № 5 на всех горизонтах до глубины 7,0 м; в точке отбора проб № 6 на всех горизонтах до глубины 8,0 м; в точке отбора проб № 7 на глубинах 4,0–5,0 м; 5,0–6,0 м.

Превышение допустимого содержания нефтепродуктов выявлено в основном в поверхностном слое почвы, в точке отбора пробы № 3 на всех горизонтах до глубины 3,0 м.

По результатам лабораторных исследований в пробах грунтов полихлорированные бифенилы не выявлены.

Все исследованные пробы почвы относятся к категории «чистая», согласно СанПиН 2.1.7.1287—03 по микробиологическим показателям («Индекс БГКП», «Индекс энтерококков» и «Патогенные бактерии, в том числе сальмонеллы») и по паразитологическим показателям («яйца и личинки гельминтов» и «цисты кишечных патогенных простейших»).

Биотестирование 10 послонных проб грунтов было проведено с применением двух тест-объектов: *Escherichia coli* и *Paramecium caudatum*.

Протестированные пробы являются нетоксичными без разбавления.

Можно предположить, что полученные результаты исследований свидетельствуют о выявленных локальных антропогенных загрязнениях почвы, в том числе как нефтепродуктами, так и тяжелыми металлами, и являются следствием профессиональной деятельности, осуществляемой на территории аэропорта [7].

Выявленные локальные превышения содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов в почве могут быть связаны с поступлением загрязняющих веществ при эксплуатации самолетов, в том числе при заправке топливом воздушных судов, при взлете и посадке могут возникать проливы нефтепродуктов. Нефтепродукты и тяжелые металлы, содержащиеся в присадках к топливу, также могут попадать в почву с поверхностными сточными водами с территории взлетной полосы.

Библиографический список

1. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02—96.
2. СП 11-102—97. Инженерно-экологические изыскания для строительства.
3. ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3:3.39—2003 ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3:3.39—2003. Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, твердых отходов, донных отложений, осадках сточных вод методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуоресцентным детектированием с использованием жидкостного хроматографа «Люмахром».
4. М-МВИ-80-2008 М-МВИ-80—2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в про-

бах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии.

5. ПНД Ф 16.1:2:2—1998. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии.

6. СанПиН 1.2.2386—21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

7. Фисунова Е. С. Особенности проведения инженерно-экологических изысканий на складах горюче-смазочных материалов аэродромов / Е. С. Фисунова // Материалы докладов Общероссийской научно-практической конференции «Инженерно-экологические изыскания —

нормативно-правовая база, современные методы и оборудование», 14–15 сентября 2020 г.

Дата поступления: 28.05.2023

Решение о публикации: 23.07.2023

Контактная информация:

СУВОРОВА Ольга Константиновна — канд. физ.-мат. наук, доц.; suolko@gmail.com

СОЛОВЬЕВА Валентина Яковлевна — д-р техн. наук, проф.

АБУ-ХАСАН Махмуд Самиевич — д-р техн. наук, проф.; pgups1967@mail.ru

ХАРЛАМОВА Алина Вадимовна — канд. техн. наук, доц.; alavina@yandex.ru

Features of Soil Contamination on the Airport Territory Revealed Through Engineering and Environmental Survey

O. K. Suvorova, V. Ya. Solovieva, M. S. Abu-Khasan, A. V. Kharlamova

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Suvorova O. K., Solovieva V. Ya., Abu-Khasan M. S., Kharlamova A. V. Features of Soil Contamination on the Airport Territory Revealed Through Engineering and Environmental Survey // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 3, pp. 715–720. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-3-715-720

Summary

Purpose: To study soil contamination specifics based on the results of engineering and environmental surveys conducted during the airport reconstruction. Detection of toxicants in soil samples during field research on the airport grounds based on the analysis of chemical, bacteriological, parasitological, and toxicological parameters of the samples. The assessment of soil quality compliance with the requirements of sanitary rules and norms 'Hygienic Standards and Requirements for Ensuring the Safety and (or) Harmlessness of Environmental Factors for Human Habitation' (SanPiN 1.2.3685—21). **Methods:** Determination of concentrations of pollutants has been carried out in layers at depths of 0.0–0.2 m; 0.2–1.0 m; 1.0–2.0; 2.0–3.0; 3.0–4.0; 4.0–5.0; 5.0–6.0; 6.0–7.0; 7.0–8.0 m. The soil samples have been analyzed for the following parameters: heavy metal content (lead, cadmium, zinc, copper, nickel, mercury, arsenic); pH value; content of organic toxicants (polycyclic aromatic hydrocarbons (benzo[a]pyrene); petroleum products); toxicological indicators of the soil throughout the depth (composite sample) (0.0–2.0 meters) (2 test objects: *Escherichia coli* and *Paramecium caudatum*). **Results:** Discrepancies with hygiene requirements for the content of the following chemical substances in soil have been identified: zinc, copper, cadmium, lead, nickel, and petroleum products. The dangerous category of soil has been mostly observed in the surface layer of soil (0.0–0.2 m) and at a depth of 0.2–1.0 m, however, excess soil contamination has also been detected at depths of 2.0–3.0 m and 4.0–5.0 m, and excess soil contamination with nickel has been observed at all horizons up to a depth of 8.0 m. Based on microbiological and parasitological

indicators, all samples are classified as “clean”. **Practical significance:** An analysis of soil contamination levels has been conducted on the territory of the airport in the Tyumen region. Concentrations of ecotoxicants in the soil have been examined, and possible reasons for exceeding the permissible levels of pollutants have been analyzed. Based on the results of the analysis of possible reasons for exceeding the permissible content of pollutants in the soil, the need for measures to protect the soil from further pollutants has been established.

Keywords: Engineering and environmental surveys, heavy metals, ecotoxicants, concentration, maximum permissible concentration, natural environment.

References

1. SP 47.13330.2016. *Inzhenernye izyskaniya dlya stroitel'stva. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 11-02—96* [SP 47.13330.2016. Engineering surveys for construction. The main provisions. Updated version of SNiP 11-02—96]. (In Russian)

2. SP 11-102—97. *Inzhenerno-ekologicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva* [SP 11-102—97. Engineering and environmental surveys for construction]. (In Russian)

3. PND F 16.1:2:2.2:2.3:3.39—2003 PND F 16.1:2:2.2:2.3:3.39—2003. *Kolichestvennyy khimicheskiy analiz pochv. Metodika izmereniy massovoy doli benz(a)pirena v probakh pochv, gruntov, tverdykh otkhodov, donnykh otlozheniy, osadkakh stochnykh vod metodom vysokoeffektivnoy zhidkostnoy khromatografii s fluorestantsnym detektirovaniem s ispol'zovaniem zhidkostnogo khromatografa “Lyumakhhrom”* [MON F 16.1:2:2.2:2.3:3.39—2003 MON F 16.1:2:2.2:2.3:3.39—2003 Quantitative chemical analysis of soils. Method of measuring the mass fraction of benz(a) pyrene in soil samples, soils, solid waste, bottom sediments, sewage sludge by high-performance liquid chromatography with fluorescent detection using a liquid chromatograph “Lumachrom”]. (In Russian)

4. M-MVI-80-2008 M-MVI-80—2008. *Metodika vypolneniya izmereniy massovoy doli elementov v probakh pochv, gruntov i donnykh otlozheniyakh metodami atomno-emissionnoy i atomno-absorbtsionnoy spektrometrii* [M-MVI-80-2008 M-MVI-80—2008. Methods of measuring the mass fraction of elements in soil samples, soils and bottom sediments by atomic emission and atomic absorption spectrometry]. (In Russian)

5. PND F 16.1:2:2—1998. *Kolichestvennyy khimicheskiy analiz pochv. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy doli nefteproduktov v mineral'nykh, organogennykh, organomineral'nykh pochvakh i donnykh otlozheniyakh metodom*

IK-spektrometrii [HDPE F 16.1:2:2—1998. Quantitative chemical analysis of soils. Methodology for measuring the mass fraction of petroleum products in mineral, organogenic, organomineral soils and bottom sediments by IR spectrometry]. (In Russian)

6. SanPiN 1.2.2386—21. *Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov srede obitaniya* [SanPIN 1.2.2386—21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans]. (In Russian)

7. Fisunova E. S. *Osobennosti provedeniya inzhenerno-ekologicheskikh izyskaniy na skladakh goryucheshmazochnykh materialov aerodromov* [Features of carrying out engineering and environmental surveys at the warehouses of fuel and lubricants of airfields]. *Materialy dokladov Obshcherossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Inzhenerno-ekologicheskie izyskaniya — normativno-pravovaya baza, sovremennye metody i oborudovanie”* [Materials of reports of the All-Russian Scientific and Practical Conference “Engineering and Environmental surveys — regulatory framework, modern methods and equipment”, September 14–15, 2020]. (In Russian)

Received: May 28, 2023

Accepted: July 23, 2023

Author's information:

Olga K. SUVOROVA — PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor; suolko@gmail.com

Valentina Ya. SOLOVIEVA — Dr. Sci. in Engineering, Professor

Makhmud S. ABU-KHASAN — Dr. Sci. in Engineering, Professor; pgups1967@mail.ru

Alina V. KHARLAMOVA — PhD in Engineering, Associate Professor; alavina@yandex.ru