



УДК 504.53.054

DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-3-448-462

Интегральная оценка загрязнения почв при реконструкции аэродрома

¹ Лазарев И.С., ¹ Кочетова Ж.Ю., ² Маслова Н.В., ¹ Терентьев В.В.

¹ ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А

² Воронежский государственный университет инженерных технологий,
Россия, 394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19

E-mail: lazarev-ilya@list.ru, zk_vva@mail.ru, maslovanatvl@mail.ru

Аннотация. Воздействие авиационных комплексов на загрязнение объектов окружающей среды изучено достаточно хорошо. Однако в литературе отсутствуют сведения о влиянии реконструкции аэродромов и аэропортов на загрязнение депонирующих сред прилегающих к ним территорий. Расширение и удлинение взлетно-посадочных полос, перестройка складов горюче-смазочных материалов, топлиохранилищ связаны с перемещением огромных масс десятилетиями загрязняющегося грунта, мелкие частицы которого атмосферным воздухом переносятся на несколько километров и оседают на территориях селитебных, рекреационных зон, сельскохозяйственных угодий. Цель работы – исследование динамики интегрального загрязнения почв в период реконструкции аэродрома. В работе также затрагивается аспект объективности оценки химического загрязнения почв по стандартным показателям, рассчитанным с учетом коэффициентов опасности и концентрации индивидуальных загрязнителей. Установлено, что в период реконструкции аэродрома экологическая ситуация на прилегающих к аэродрому территориях на расстоянии 4 км ухудшилась от допустимого до высоко опасного ранга. За время трехлетнего периода релаксации природной системы этот показатель снизился до умеренно опасного. Даны краткие рекомендации по использованию земель, прилегающих к авиационным комплексам в период их реконструкции. Опыт исследования влияния реконструкции типового аэродрома в г. Воронеж на загрязнение почв прилегающих территорий может быть полезен при проведении подобных мероприятий во всей стране.

Ключевые слова: суммарный показатель загрязнения, условно-естественный фон, реконструкция аэродрома, нефтепродукты, формальдегид, нитраты, тяжелые металлы, Воронеж

Для цитирования: Лазарев И.С., Кочетова Ж.Ю., Маслова Н.В., Терентьев В.В. 2022. Интегральная оценка загрязнения почв при реконструкции аэродрома. Региональные геосистемы, 46(3): 448–462. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-448-462

Integral Assessment of Soil Pollution During Airfield Reconstruction

¹ Il'ya S. Lazarev, ¹ Zhanna Yu. Kochetova, ² Natal'ya V. Maslova, ¹ Vladislav V. Terent'yev

¹ Military Educational and Scientific Center Air Force
«N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy»,
54A Starykh Bol'shevikov St, Voronezh 494064, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies,
19 Prospekt Revolyutsii, Voronezh 394036, Russia

E-mail: lazarev-ilya@list.ru, zk_vva@mail.ru, maslovanatvl@mail.ru

Abstract. The impact of aviation complexes on the pollution of environmental objects has been studied quite well. However, there is no information in the literature about the impact of the reconstruction of airfields and airports on the pollution of the depositing media of the territories adjacent to them. The

expansion and lengthening of runways, the restructuring of fuel and lubricants warehouses, fuel storage facilities are associated with the movement of huge masses of polluted soil for decades, small particles of which are transported by atmospheric air for several kilometers and settle on the territories of residential, recreational zones, agricultural lands. The purpose of the work is to study the dynamics of integral soil pollution during the reconstruction of the airfield. The paper also touches upon the aspect of the objectivity of the assessment of chemical contamination of soils according to standard indicators calculated taking into account the hazard coefficients and the concentration of individual pollutants. It was found that during the reconstruction of the airfield, the environmental situation in the territories adjacent to the airfield at a distance of 4 km deteriorated from an acceptable to a highly dangerous rank. During the three-year period of relaxation of the natural system, this indicator has decreased to moderately dangerous. Brief recommendations are given on the use of the lands adjacent to the aviation complexes during their reconstruction. The experience of studying the impact of the reconstruction of a typical airfield in Voronezh on soil pollution of adjacent territories can be useful when conducting similar events throughout the country.

Keywords: total pollution index, conditionally natural background, airfield reconstruction, petroleum products, formaldehyde, nitrates, heavy metals, Voronezh

For citation: Lazarev I.S., Kochetova Zh.Yu., Maslova N.V., Terent'yev V.V. 2022. Integral Assessment of Soil Pollution During Airfield Reconstruction. *Regional geosystems*, 46(3): 448–462 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-448-462

Введение

В соответствии с законодательством РФ, с целью рационального использования природных ресурсов, обеспечения безопасности полетов и экологической безопасности производственной деятельности «вновь строящиеся аэродромы (вертолетодромы) необходимо размещать за пределами городов и населенных пунктов» [СНиП 32-03-96, 1996; Воздушный кодекс..., 1997]. Большинство аэродромов было построено в военные и послевоенные годы, а к настоящему времени неизбежная урбанизация привела к слиянию аэродромных комплексов и городов [Кочетова и др., 2022].

Негативное воздействие эксплуатируемых в штатном режиме объектов авиационной деятельности на экологическую ситуацию в близлежащих населенных пунктах хорошо изучено: установлены приоритетные загрязнители, построены модели их распространения в объектах окружающей среды, выделены эколого-обусловленные заболевания [Клепиков и др., 2019; Лазарев и др., 2019; Кочетова и др., 2020]. Однако в литературе отсутствуют сведения об экспериментальных исследованиях воздействия реконструкции и строительства аэродромов на загрязнение окружающей среды. Вместе с тем, этот вопрос приобретает особую актуальность, так как возникла необходимость модернизации существующих и строительства новых аэродромных комплексов. До 2035 года запланированы реконструкция 179 аэродромных комплексов государственной и гражданской авиации; строительство новых аэропортов на полуострове Гыдан в Ямало-Ненецком АО, в Омске, Сыктывкаре, на островах Парамушир и Шикотан [Транспортная стратегия..., 2021]. При реконструкции аэродромных комплексов, расширении и удлинении взлетно-посадочных полос (ВПП), перестройке складов горюче-смазочных материалов (ГСМ), топливозохранилищ перемещают тонны загрязненных десятилетиями грунтов. Адсорбированные на частицах пыли загрязняющие вещества и пары нефтепродуктов переносятся атмосферным воздухом на несколько километров и накапливаются в поверхностном слое почв [Романов, 2006].

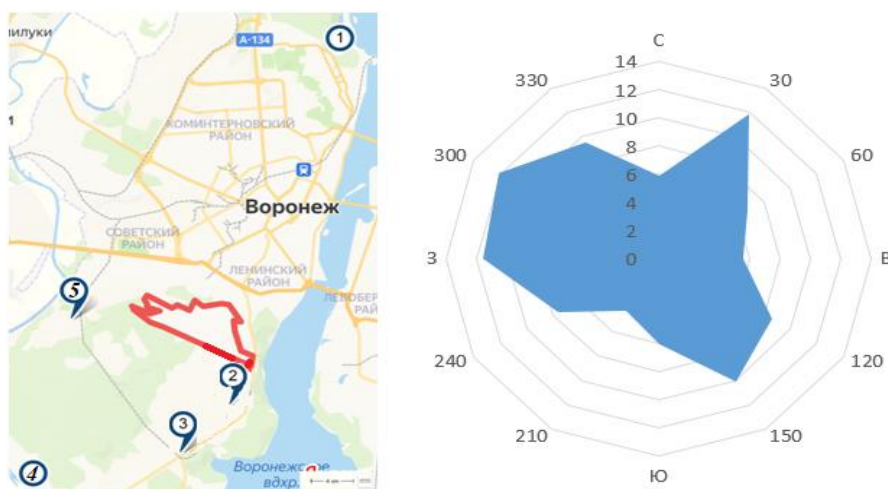
Цель работы – исследование результатов многолетнего мониторинга почв приаэродромной территории в периоды штатного режима эксплуатации аэродрома государственной авиации, его реконструкции и некоторого времени релаксации экологической системы. В работе также затрагивается аспект объективности оценки экологической ситуации по суммарному показателю загрязнения почв.

Объекты и методы исследования

Примером влияния реконструкции аэродрома государственной авиации на экологическую ситуацию прилегающих территорий является динамика загрязнения почв в Советском районе г. Воронеж, где расположен аэродром «Балтимор». Аэродром функционирует с 1956 года. До этого он действовал в качестве базы «подскока» с грунтовой ВПП. Наибольшее относительное превышение местности на территории аэродрома (+ 120 м) находится в районе Нижнедевицка. На южной и юго-западной окраинах аэродрома в 300 м от ВПП расположен лес с превышением рельефа до 30 м. Севернее, северо-восточнее и восточнее аэродрома находятся дачные поселки «Сады», сельскохозяйственные угодья, жилые и офисные здания, предприятия. Ориентация полосы, построенной с учетом городской застройки, соответствует преобладающему направлению ветра по месяцам и сезонам года, что существенно облегчает взлет и посадку летательных аппаратов [Кочетова и др., 2022]. Полк, дислоцирующийся на аэродроме, стал первым линейным полком ВКС России, перевооруженным на фронтовые бомбардировщики Су-34, получив в 2011–2013 гг. 24 самолета этого типа [Балтимор, 2022].

С 2013 года на территории аэродрома началась реконструкция, связанная с перемещением колоссальных объемов грунта при расширении и удлинении ВПП, замене 60-тонной подземной цистерны для хранения топлива, при этом было задействовано большое количество специальной техники, что не могло не сказаться на экологической ситуации прилегающих территорий.

Исследование загрязнения почв на приаэродромных территориях проводили в период с 2007 по 2019 гг., который охватывает время штатного режима работы аэродрома, активной полетной деятельности и его реконструкции, а также некоторое время после окончания основных строительных работ. Для определения условно-естественного геохимического фона проводили отбор проб почв в точке 1, расположенной в санатории им. Горького на расстоянии 13,6 км от контрольной точки аэродрома (КТА – геометрический центр взлетно-посадочной полосы). В соответствии с преобладающими ветрами выбраны следующие точки пробоотбора в юго-восточном направлении от КТА: 2 – территория дачного пос. «Сады» (2,7 км); 3 – земли сельскохозяйственного назначения (3,5 км); 4 – пос. Малышево (8,4 км). Точка пробоотбора 5 находится в пос. Тепличный, который расположен под глиссадой западнее КТА на 4,4 км. Карта-схема точек пробоотбора почв и среднегодовая роза ветров для исследуемого района представлены на рис. 1.



1–5 – точки отбора проб

Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб почв и среднегодовая роза ветров
Fig. 1. Map diagram of soil sampling points and the average annual wind rose

Классификация территории по сельскохозяйственному, рекреационному и селитебному назначению требует комплексного подхода для оценки качества почв. Исследуемый район г. Воронеж характеризуется высоким разнообразием почвенного покрова. Его основной фон создает чернозем выщелоченный малогумусный суглинистый, чередующийся с крупными массивами темно-серых и светло-серых лесостепных почв суглинистого, супесчаного и песчаного гранулометрического состава. Отдельными небольшими участками встречается чернозем типичный [Адерихин, 1963]. Прямое и косвенное влияние деятельности человека на все почвенные процессы урбанизированных территорий города указано в работах, проведенных на базе Воронежского государственного университета [Ахтырцев, 2006; Косинова и др., 2007].

Разнообразие природных почв и различное их антропогенное преобразование диктует необходимость изучения свойств почв в каждой точке отбора проб. На территории поселков Тепличный и Малышево почвы классифицированы как суглинки; в дачном поселке Сады и на территории сельскохозяйственных угодий – чернозем типичный. Гранулометрический состав исследуемых почв существенно отличается. Для селитебной территории (точки пробоотбора 4, 5) характерно неравномерное распределение среднезернистого песка, встречаются осколки битого кирпича и гравий. Приповерхностный исследуемый слой глубиной до 20 см на 76 % состоит из частиц размером 0,25–0,05 мм. В черноземе (точки пробоотбора 2, 3) наблюдаются близкие значения содержания разных фракций до глубины 20 см; незначительно преобладают частицы, называемые по классификации Н.А. Качинского мелкой пылью (35,1 % частиц с размером 0,01–0,005 мм) [Вадюнина, Корчагина, 1986].

Показатель кислотности (pH_{KCl}) исследуемых почв на протяжении многолетнего мониторинга изменялся от слабо кислого до слабо щелочного [Кочетова, Внукова и др., 2019]. Максимальное повышение pH_{KCl} почв наблюдалось в пос. Сады с 2013 года, что связано с началом интенсивных строительных работ на аэродроме. Щелочной сдвиг реакции среды чернозема ($pH_{KClmax} = 7,6$) обусловлен распространением строительной пыли, содержащей карбонаты кальция и магния; повышением концентрации солей тяжелых металлов и их оксидов при усиленной работе грузового автотранспорта и строительного оборудования.

В сертифицированной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» получено содержание в почвах приоритетных загрязнителей объектов авиационной деятельности – свинца (Pb), цинка (Zn), никеля (Ni), марганца (Mn), меди (Cu), кадмия (Cd), нефтепродуктов (НП), нитратов и нитритов суммарно (NO_3^- и NO_2^-), формальдегида (ФА). Приоритетность загрязнителей почв, находящихся под негативным экологическим воздействием аэродромов, установлена ранее на основании литературных данных и собственных многолетних исследований [Кочетова и др., 2022].

Металлы в почвах определены на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-Z-ЭТА-1» в соответствии с методикой, приведенной в [М-МВИ-80-2008, 2008]. Метод атомно-абсорбционной спектрометрии является арбитражным при определении металлов в почвах; он позволяет с высокой точностью определять в растворах до 80 элементов в малых концентрациях.

Анализ нитратов и нитритов в объектах окружающей среды выполнен на спектрофотометре «Юнико 1201» в соответствии с [ГОСТ 53219-2008, 2008]. Соединения азота извлечены из анализируемых проб почв раствором хлорида кальция; после двухчасовой экстракции раствор был центрифугирован для извлечения различных фракций азота. Обычно в грунтах количество нитритов пренебрежительно мало, поэтому сумма нитратов и нитритов считается соответствующей содержанию в грунтах нитратов.

Формальдегид в почвах установлен с помощью фотометрического метода в соответствии с методикой [ПНД Ф 16.1:2.3:3.45.05, 2005], которая основана на извлечении формальдегида из образца перегонкой с водяным паром в сильноокислой среде и

определении при содержании в отгоне фотометрическим методом по цветной реакции с хромотроповой кислотой при длине волны 570 нм.

Нефтепродукты в почвах определялись арбитражным методом гравиметрии [ПНД Ф 16.1.41-04, 2004]. Нефтеуглеводороды экстрагировали из воздушно-сухой пробы почв хлороформом, отделяли от полярных соединений на хроматографической колонке после замены растворителя на гексан. В последние годы нефтепродукты в почвах определяли ИК-спектрометрическим методом с использованием концентратомера АН-2 [ПНД Ф 16.1:2.2.22-98, 2005].

По результатам исследований была проведена гигиеническая оценка загрязнения почв по каждому химическому веществу в соответствии с санитарными правилами [СанПиН 1.2.3685-21, 2021]. При этом приняты во внимание класс опасности и предельно/ориентировочно допустимые концентрации (ПДК/ОДК) загрязнителей; кратность превышения фактической концентрации вещества в почве C_i предельно допустимой концентрации (коэффициент опасности $K_{oi} = C_i / \text{ПДК}_i$ или $K_{oi} = C_i / \text{ОДК}_i$); кратность превышения C_i фоновой концентрации $C_{\text{фон}i}$ (коэффициент концентрации $K_{ki} = C_i / C_{\text{фон}i}$), максимальное значение допустимого уровня содержания элемента (K_{max}) по одному из четырех показателей вредности (при наличии для валовых форм загрязнителей почв). Критерии степени загрязнения почв индивидуальными органическими и неорганическими веществами представлены в табл. 1. Оценку уровня загрязнения почв в данном случае проводят по наиболее токсичному элементу с максимальным содержанием в почве.

Таблица 1
Table 1

Ранги уровня загрязнения почв индивидуальными веществами
Grades of the degree of soil contamination by individual substances

Неорганические вещества	Органические вещества	Класс опасности		
		1	2	3
$> K_{\text{max}}$	$> 5\text{ПДК}$	Очень сильный		Сильный
$\text{ПДК} - K_{\text{max}}$	$2\text{ПДК} - 5\text{ПДК}$	Очень сильный	Сильный	Средний
$2C_{\text{фон}} - \text{ПДК}$	$\text{ПДК} - 2\text{ПДК}$	Слабый		

Суммарный показатель загрязнения почв Z рассчитывается с учетом коэффициентов концентрации загрязняющих веществ и числа загрязнителей n , концентрации которых превышают $C_{\text{фон}i}$ по формуле (1) [СанПиН 1.2.3685-21, 2021]:

$$Z = \left(\sum_{i=1}^n C_i / C_{\text{фон}i} \right) - (n - 1). \quad (1)$$

В зависимости от величины Z устанавливаются следующие ранги загрязнения почв: допустимый ($Z \leq 16$); умеренно опасный ($Z = 16-32$); опасный ($Z = 32-128$); чрезвычайно опасный ($Z \geq 128$).

Условно-естественная фоновая концентрация исследуемых веществ рассчитывается по данным мониторинга почв в точке пробоотбора 1 в соответствии с общей формулой (2) [Об утверждении..., 2007]:

$$C_{\text{фи}} = C_{\text{ср}i} + (\sigma_i \cdot t_{\text{ст}}) / \sqrt{n}, \quad (2)$$

где $C_{\text{ср}i}$ – средняя концентрация i -того вещества в точке отбора проб 1, мг/кг; σ_i – среднее квадратичное отклонение концентрации; $t_{\text{ст}}$ – коэффициент Стьюдента при $P = 0,95$; n – число измерений концентрации i -того вещества.

Предельно или ориентировочно допустимые значения концентраций исследуемых веществ и классы их опасности представлены в табл. 2 [СанПиН 1.2.3685-21, 2021]. В новых санитарных правилах и нормах указаны ориентировочно допустимые концентрации загрязнителей в валовой форме не для всех типов почв. Для оценки динамики загрязнения почв по лимитирующему показателю были использованы значения ПДК/ОДК для валовых форм загрязнителей почв, близких к нейтральным (суглинистые и глинистые) с $pH_{KCl} > 5,5$.

Таблица 2
Table 2Гигиенические характеристики исследуемых загрязнителей почвы
Maximum permissible concentrations of the studied soil pollutants

Загрязнитель	Pb	Zn	Ni	Mn	Cu	Cd	НП*	NO ₃ ⁻	ФА
ПДК/ОДК, мг/кг	130	220	80	1500	132	2,0	50; 100	130	7,0
Класс опасности	2	1	2	3	2	1	3	3	2

* ПДК для почв сельскохозяйственного назначения; дачных поселков и селитебных зон соответственно

В указанных нормативных документах приведено значение ПДК только для бензина, использование которого при оценке загрязнения почв приаэродромных территорий некорректно. Головным нефтеуглеводородным загрязнителем почв здесь является керосин, в значительном количестве выбрасываемый при работе авиационных двигателей в форсажном режиме (при взлете-посадке самолетов); переносимый воздушным путем от топливозаправочных станций, мест перекачки и заправки при несоблюдении правил хранения и авариях; десятилетиями фильтрующийся в грунтах, концентрирующийся на геохимических барьерах, образующий топливные линзы огромных масштабов [Лазарев и др., 2019; Кочетова и др., 2022]. В то же время нельзя не учитывать загрязнение селитебной и рекреационной зон бензином – наиболее распространенным нефтепродуктом, содержащимся в почвах урбанизированных территорий. Для объективной оценки загрязнения почв нефтепродуктами необходимо учитывать содержание бензина и керосина совместно. Однако допустимая концентрация НП в почве на биологически безопасном уровне не установлена «из-за сложного и непостоянного состава нефти и вряд ли будет установлена однозначно» [Околелова и др., 2019]. В различных почвенно-климатических условиях концентрация нефтепродуктов в почвах, при которых их можно считать загрязненными, различна. Она зависит от природных условий, способности типа почв к самоочищению, от вида и скорости распада нефтепродуктов, типа землепользования, растительности. Предлагаемые ОДК для НП в различных российских и зарубежных источниках варьируются от нескольких единиц до 10 тыс. мг/кг, причем данные часто противоречат друг другу, что отмечено в обзорах [Другов, Родин, 2000; Околелова и др., 2019]. В диссертационной работе Джамбетовой П.М. доказано, что содержание нефтепродуктов в почвах уже на уровне $45 \cdot 10^{-3}$ мг/кг оказывает токсичное и мутагенное воздействие на растения и организм человека [Джамбетова, 2014].

В данной работе использовали значение ПДК нефтепродуктов в почвах, установленное белорусскими учеными экспериментальным путем по наиболее значимым критериям вредности для земель различного целевого назначения [Рубин и др., 2013].

Результаты и их обсуждение

Уровень загрязнения почв в точке пробоотбора 1 на протяжении всего периода исследований незначительно повышался, в большей степени из-за роста концентрации нитратного азота и нефтепродуктов. Поэтому для расчета условно-естественных фоновых концентраций загрязняющих веществ использовали результаты анализа почв с 2007 по 2015 гг., исключая аномально высокие или низкие значения. Среднеквадратичное отклонение от рассчитанных значений $C_{\text{фон}}$ не превышает 30 %, что свидетельствует об удовлетворительной достоверности результатов (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Условно-естественные фоновые концентрации исследуемых загрязнителей почв ($P = 0,95$; $t_{st} = 2$)
Conditionally natural background concentrations of the studied soil pollutants ($P = 0,95$; $t_{st} = 2$)

Загрязняющие вещества	Среднее значение концентрации $C_{\text{ср}}$, мг/кг	Средне-квадратичное отклонение, σ	Длина вы-борки, n	Условно-естественный фон $C_{\text{фон}}$, мг/кг
Pb	5,12	1,60	30	5,70
Zn	15,3	2,8	34	16,3
Ni	5,58	1,43	34	6,10
Mn	71,1	13,5	32	76,4
Cu	6,19	1,93	33	6,84
Cd	0,220	0,071	30	0,240
НП	46,5	9,3	32	49,7
NO_3^-	3,12	0,44	31	3,28
ФА	0,250	0,0060	30	0,250

Известны случаи, когда фоновые концентрации металлов превышают установленные нормативы. Примером может служить содержание меди в почвах Ростовской области [Назаренко, Минкина, 1994]; ванадия, кадмия, хрома – на большей части южных территорий России [Дабахов и др., 2005]. Полученные значения условно-естественных фоновых концентраций загрязняющих веществ на исследуемой территории меньше установленных нормативов, в том числе, в ~ 2 раза – для нефтепродуктов (земли сельскохозяйственного назначения), ~ 8 раз – кадмия; ~ 13 раз – цинка и никеля, ~ 19 раз – марганца и меди, ~ 28 раз – формальдегида, ~ 40 раз – нитратов.

Анализ загрязнения почв индивидуальными веществами показал, что на протяжении всего периода исследований ни в одной из контрольных точек концентрации исследуемых загрязнителей не превышали установленных нормативов, за исключением нефтепродуктов. Максимальный $K_{\text{онп}} = 10,8$ зафиксирован в дачном поселке сады в 2014 г. На территории сельскохозяйственных угодий коэффициент опасности загрязнения почв составлял $K_{\text{онп}} = 10$.

Нефтепродукты – лимитирующий загрязнитель почв на приаэродромной территории. Они являются смесью органических соединений, относящейся к веществам 3 класса опасности. В соответствии с таблицей 1, уровень загрязнения почв во всех контрольных точках до 2014 г. можно классифицировать как «слабый»; в период реконструкции аэродрома уровень загрязнения почв ухудшился до «среднего», а на территориях дачного поселка Сады и сельскохозяйственных угодий – до «сильного».

С 2013 г. экологическая ситуация ухудшилась в контрольных точках 2–4. Зафиксировано превышение ПДК большинства исследуемых веществ, кроме Mn, NO_3^- . На территории пос. Малышево (Т5), расположенного в 8,4 км от КТА, уровень загрязнения почв изменялся незначительно и разнонаправлено. Это свидетельствует об отсутствии воздей-

ствия реконструкции аэродрома на экологическую ситуацию территорий, расположенных от источника загрязнения на таком расстоянии. Максимальное превышение предельно допустимых концентраций металлов 1 класса опасности (Zn и Cd) установлено в 2014–2015 гг. на территориях пос. Тепличный и сельскохозяйственных угодий (в 1,5 и 2,3 раза соответственно). По лимитирующему загрязняющему веществу (Cd) уровень загрязнения почв соответствует рангу «очень сильный». В пос. Сады концентрации Zn и Cd не превышали 2ПДК, но уровень загрязнения почв соответствует рангу «очень сильный». К 2019 г. концентрации лимитирующих загрязнителей в почвах снизились более, чем в 2 раза, и на сегодняшний день экологическая ситуация соответствует норме («слабый» уровень загрязнения почв). К 2019 г. концентрации лимитирующего загрязнителя в почвах снизились в 1,5–3 раза, и на сегодняшний день экологическая ситуация соответствует норме («слабый» и «средний» уровень загрязнения почв). В качестве примера на рис. 2 представлены результаты расчета коэффициентов опасности исследуемых загрязнителей почв селитебной зоны (точка пробоотбора 5) для наиболее показательных годов мониторинга.

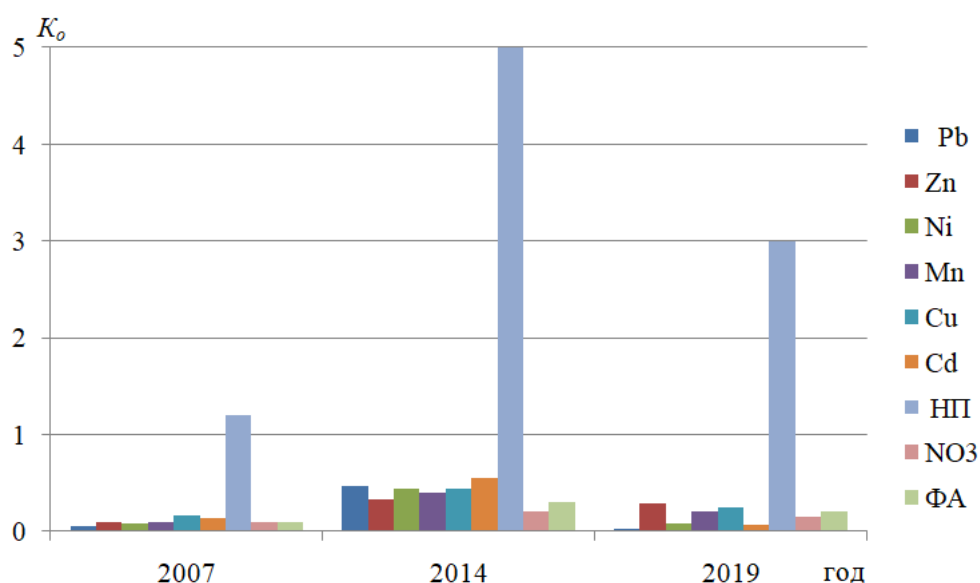


Рис. 2. Динамика коэффициентов опасности загрязнения почв индивидуальными веществами
Fig. 2. Dynamics of soil contamination hazard coefficients by individual substances

Интересно, что в период реконструкции аэродрома концентрации загрязняющих веществ в почвах прилегающей территории увеличились в разы, но содержание ни одного загрязнителя не превысило ОДК / ПДК, утвержденных в новых нормативах [СанПиН 1.2.3685-21, 2021]. Так, содержание металлов I класса опасности Zn и Cd – увеличилось в 3,3 и 8,3 раза соответственно; II класса опасности Pb, Ni, Cu – в 9,2; 5,9; 2,8 раза.

Подход к оценке уровня загрязнения почв по лимитирующему показателю загрязнения справедливо критикуется во многих работах [Рисник, 2012; Экологическая геология..., 2015; Кочетова и др., 2018]. Основными его недостатками являются неаддитивность показателя; отсутствие в нормативных документах значений K_{max} для преобладающего числа загрязнителей; номинальность оценочной шкалы уровня загрязнения почв, что не позволяет точно исследовать динамику загрязнения, проводить сравнительный анализ уровня загрязнения почв в отдельных точках. Кроме того, химические вещества, как правило, характеризуются высокой реакционной способностью и, в зависимости от разнообразных условий окружающей среды, могут образовывать продукты взаимодействия с большей или меньшей опасностью, чем первичные загрязнители. Поэтому при оценке химического загрязнения почв, как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения, расчет коэффициентов опасности для индивидуального вещества не имеет смысла.

Результаты расчета суммарного показателя загрязнения почв Z с учетом фактических и фоновых концентраций загрязнителей представлены на рис. 3.

В штатном режиме эксплуатации аэродрома до 2013 г. уровень загрязнения почв на приаэродромной территории в основном соответствовал рангу «допустимый». При таком уровне загрязнения почв возможно выращивание любых видов культур, для снижения риска загрязнения растений достаточно известкования почв и внесения органических удобрений.

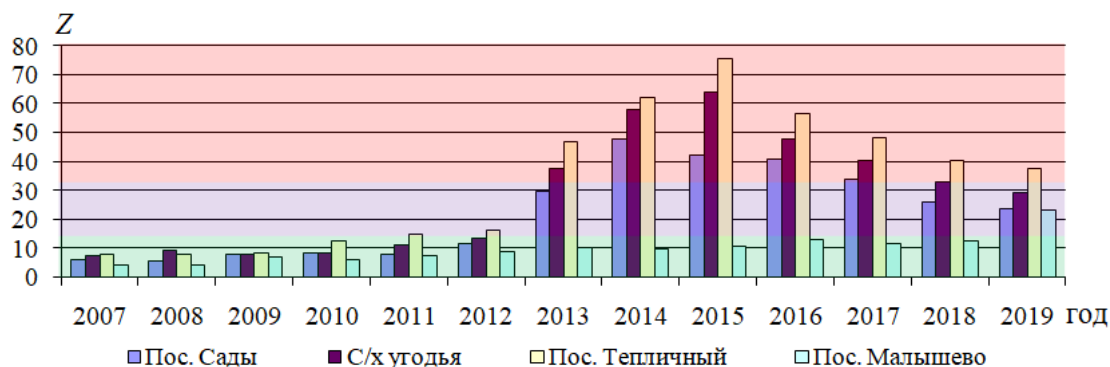


Рис. 3. Динамика суммарного показателя загрязнения почв приаэродромной территории
Fig. 3. Dynamics of the total indicator of soil pollution in the aerodrome territory

С начала реконструкции аэродрома экологическая ситуация резко ухудшилась, максимальный суммарный показатель Z установлен на удалении от КТА в пос. Тепличный и на территории сельскохозяйственных угодий, он соответствовал «высоко опасному» рангу загрязнения почв. Земли при такой экологической ситуации рекомендуется использовать только под технические культуры, при этом необходим обязательный контроль приоритетных загрязнителей в растениях. Для восстановления почв рекомендуется выращивание растений-концентраторов (бобовые, подсолнухи, ячмень, люцерна и др.).

До 2019 г. уровень загрязнения почв в контрольных точках 2–4 постепенно снижался; в пос. Сады и на территории сельскохозяйственных угодий – до ранга «умеренно опасный». Это означает возможность использования чернозема через 3 года после основной реконструкции аэродрома для выращивания любых культур, но при условии обязательного контроля токсикантов в растениях.

Максимальное превышение фоновых концентраций характерно для керосина. В 2015 г., когда проводились основные работы по реконструкции склада ГСМ, на территориях пос. Тепличный и сельскохозяйственных угодий коэффициент концентрации нефтепродуктов составлял 28,4 и 20,1 соответственно. Ближе к аэродрому, в пос. Сады, этот же показатель был равен 10,2, что объясняется известной закономерностью переноса частиц грунта с адсорбированными загрязнителями атмосферным воздухом [Петелин и др., 2019; Yamashkin, Zhulina, 2019]. Аналогичное пространственное распределение характерно и для других загрязнителей, причем в пос. Тепличный уровень загрязнения по отдельным компонентам всегда был несколько выше, чем в других контрольных точках, что объясняется геометрией розы ветров, как показано на рис. 1.

Фактические концентрации тяжелых металлов в почвах пос. Тепличный и на территории сельскохозяйственных угодий превышали $C_{фон}$ в ~ 5 –12 раз. Убывающий ряд коэффициентов концентрации тяжелых металлов на приаэродромной территории во время реконструкции аэродрома имеет вид: $Pb_{12,1} > Cu_{8,8} > Ni_{6,8} > Mn_{6,4} > Zn_{5,3} > Cd_{5,2}$.

Суммарное содержание нитратного и нитритного азота в почвах превышало $C_{фон}$ в ~ 6 –9 раз; формальдегида – в ~ 7 –9,5 раз.

Надо отметить, что суммарный показатель загрязнения почв не учитывает класс опасности загрязнителей и, по сути, отражает только кратность превышения концентраций загрязняющих веществ условно-естественного геохимического фона, характерного для исследуемой территории. При этом одно и тоже значение Z можно получить при превалирующем содержании малоопасных нефтепродуктов и марганца в почвах или из-за значительного загрязнения почв элементами 1 класса опасности – кадмием и цинком, что несопоставимо по уровню вреда, наносимому живым организмам. Кроме того, в стандартной методике не учитывается тот факт, что высокие фоновые концентрации элементов в почвах для отдельных регионов уже сами по себе представляют опасность для здоровья населения и могут вызывать экологически зависимые заболевания [Назаренко, Минкина, 1994; Дабахов и др., 2005; Мячина и др., 2016]. Таким образом, вопрос разработки объективного показателя суммарного загрязнения депонирующих сред, учитывающего условно-естественный геохимический фон, климатические особенности исследуемой территории, типы загрязненных почв и классы опасности загрязнителей, на сегодняшний день остается открытым.

Во время реконструкции аэродрома требуется проводить возможные мероприятия по снижению разлета частиц [Миличева, Саблина, 2018; Strizhenok, Korelskiy, 2019; Ivanov, Strizhenova 2021], перепланировать ведение сельскохозяйственной деятельности на приаэродромных территориях, усилить мониторинг за загрязнением почв и растений, информировать население о необходимости выращивания растений на приусадебных участках в закрытых системах.

Заключение

Исследование многолетней динамики химического загрязнения почв приаэродромной территории показало, что штатный режим работы аэродрома практически не оказывает влияния на экологическую ситуацию в близлежащих населенных пунктах и на территориях сельскохозяйственных угодий. Масштабная реконструкция аэродрома привела к резкому ухудшению экологической ситуации в радиусе 4 и более км от контрольной точки аэродрома. Наибольшую опасность при этом представляет превышение норматива по нефтепродуктам в почвах. Они относятся к малоопасным органическим смесям веществ, при этом их концентрация относительно фоновой увеличилась в 10–28 раз в зависимости от расстояния от контрольной точки аэродрома.

Время самоочищения почв зависит от климатических особенностей типов почв. Суммарный показатель загрязнения чернозема в Центральном федеральном округе РФ после масштабной реконструкции аэродрома за три года снизился ~ в 2 раза от опасного до умеренно опасного уровня. Однако и к настоящему времени он продолжает оставаться значительно выше уровня загрязнения почв, характерного до 2013 г.

Для обеспечения экологической безопасности территорий и снижения неблагоприятного воздействия реконструкции аэродромов и аэропортов на здоровье людей необходимо учитывать перенос атмосферным воздухом частиц грунта с адсорбированными токсикантами на основе знаний об особенностях распространения и осаждения пылевых облаков.

Опыт исследования сложившейся экологической ситуации при масштабной реконструкции аэродрома в г. Воронеж может быть полезен при проведении подобных работ во всей стране.

Список источников

- Балтимор (аэродром). Википедия. Свободная энциклопедия. Электронный ресурс. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Балтимор \(аэродром\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Балтимор_(аэродром)) (дата обращения: 19 мая 2022).
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. 1986. Методы исследования физических свойств почв. М., Агропромиздат, 416 с.
- Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997. № 60-ФЗ. (ред. от 14.03.2022, с изм. и доп., вступ. в силу с 05.06.2022). Электронный ресурс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/ (дата обращения: 11 июня 2022).
- ГОСТ 53219-2008. 2009. Качество почвы. Определение содержания нитратного азота, аммонийного азота и общего азота в воздушно-сухих почвах с помощью хлорида кальция в качестве экстрагирующего вещества. Москва, Стандартинформ, 14 с.
- М-МВИ-80-2008. 2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. Санкт-Петербург, ООО Мониторинг, 36 с.
- Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты: Приказ Министерства природных ресурсов РФ № 328 от 12.12.2007. Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902083847> (дата обращения 17.03.2022).
- ПНД Ф 16.1:2.3:3.45.05. 2005. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли формальдегида в пробах почв, осадках сточных вод и отходов фотометрическим методом с хромотроповой кислотой. М., ФГУ «ФЦАО», 18 с.
- ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. 2005. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. Москва, НТС ФГУ «ФЦАО», 21 с.
- ПНД Ф 16.1.41-04. 2004. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв гравиметрическим методом. Москва, ФГУ «ФЦАО», 18 с.
- Романов В.И. 2006. Прикладные аспекты аварийных выбросов в атмосферу. Электронный ресурс. URL: <https://ours-nature.ru/lib/b/book/3728042958/> (дата обращения: 19 мая 2022).
- СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Дата введения 28.01.2021. Электронный ресурс. URL: http://umka-nadym.ru/media/sub/962/documents/СанПин_1.2.3685-21_от_28.01.2021_2.pdf (дата обращения 17.03.2022).
- СНиП 32-03-96. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Аэродромы. Дата введения 28.04.1996. № 18-28. Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001044> (дата обращения 17.03.2022).
- Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г. Дата введения 27.11.2021. № 3363-р. Электронный ресурс. URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения: 19 мая 2022).

Список литературы

- Адерихин П.Г. 1963. Почвы Воронежской области, их генезис, свойства и краткая агропроизводственная характеристика. Воронеж, Изд-во ВГУ, 263 с.
- Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., Яблонских Л.А. 2006. Почвы Воронежской области. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация, 1: 85–95.
- Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. 2005. Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования. Н. Новгород, Нижегород. ГСХА, 164 с.
- Джамбетова П.М. 2014. Генетические последствия загрязнения окружающей среды нефтепродуктами в Чеченской республике. Автореф. дис. ... док. биол. наук. Уфа, 47 с.
- Другов Ю.С., Родин А.А. 2000. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. СПб, Анатолия, 250 с.

- Клепиков О.В., Филимонова О.Н., Енютина М.В., Назаренко И.Н. 2019. Обзор исследований по оценке неблагоприятного влияния военных аэродромов на окружающую среду. Воздушно-космические силы. Теория и практика, 11: 93–103.
- Косинова И.И., Крутских Н.В., Кустова Н.Р. 2007. Техногенное преобразование природной среды территории г. Воронежа и его экологические последствия. М., РГОТУПС, 172 с.
- Кочетова Ж.Ю., Базарский О.В., Бакланов И.О., Маслова Н.В. 2020. Влияние загрязнения почв объектов авиационной и космической деятельности на здоровье человека. Экология промышленного производства, 4(112): 39–44.
- Кочетова Ж.Ю., Базарский О.В., Маслова Н.В. 2018. Сравнительный анализ интегральных показателей загрязнения почвогрунтов урбанизированных территорий приоритетными контаминантами. Вестник Кузбасского государственного технического университета, 1(125): 28–37. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-28-36.
- Кочетова Ж.Ю., Внукова С.В., Андриевский И.А., Калинин Н.С., Маслова Н.В. 2019. Влияние авиационной деятельности на показатель кислотности депонирующих сред приаэродромной территории. В кн.: Потенциал науки и современного образования в решении приоритетных задач АПК и лесного хозяйства. Материалы Юбилейной национальной научно-практической конференции, 20–21 февраля 2019, Рязань. Рязань, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева: 158–162.
- Кочетова Ж.Ю., Маслова Н.В., Базарский О.В. 2022. Авиационно-ракетные кластеры и окружающая среда. М., Инфра-М, 266 с.
- Лазарев И.С., Кочетова Ж.Ю., Базарский О.В., Бакланов И.О. 2019. Мониторинг и прогнозирование загрязнения приаэродромных территорий (на примере г. Энгельс). Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета, 56: 126–132. DOI: 10.33933/2074-2762-2019-56-126-132.
- Миличева Н.Н., Саблина А.М. 2018. Наилучшие доступные технологии снижения выбросов пыли в атмосферный воздух, применимые в различных отраслях промышленности. Инженерный вестник Дона, 4(51): 31–42.
- Мячина О.В., Клепиков О.В., Борисов Н.А., Пичужкина Н.М. 2016. Окружающая среда города: организация мониторинга и анализ состояния. Воронеж, ИПФ «ЛИО», 180 с.
- Назаренко О.Г., Минкина Т.М. 1994. Содержание тяжелых металлов в почвах Ростовской области. Тезисы докладов региональной научно-практической конференции «Биотехнология и производство экологически чистой продукции сельского хозяйства», 26–27.
- Околелова А.А., Капля В.Н., Лапченков А.Г. 2019. Оценка содержания нефтепродуктов в почвах. Научные Ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43(1): 76–86. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-1-76-86.
- Петелин А.Л., Орелкина Д.И., Новикова Е.А. 2019. Аэрозольный перенос газовых выбросов промышленных предприятий на дальние расстояния. Вопросы науки и образования, 3(47): 10–22.
- Рисник Д.В., Беляев С.Д., Булгаков Н.Г., Левич А.П., Максимов В.Н., Мамихин С.В., Милько Е.С., Фурсова П.В., Ростовцева Е.Л. 2012. Подходы к нормированию качества окружающей среды. Законодательные и научные основы существующих систем экологического нормирования. Успехи современной биологии, 132(6): 531–550.
- Рубин В.М., Ильюкова И.И., Кремко Л.М., Присмотров Ю.А., Самсонова А.С., Володько И.К., Лукашев О.В. 2013. Гигиеническое обоснование нормативов ПДК нефтепродуктов в почвах Республики Беларусь. Гигиена и санитария, 92(2): 99–101.
- Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика). 2015. Под ред. И.И. Косиновой. Воронеж, ВГУ, 576 с.
- Ivanov A.V., Strizhenok A.V. 2021. Evaluation of the Effectiveness of Dust Screens and the Possibilities of Taking Into Account Their Influence in Software Models. Journal of Physics: Conference Series, International Conference on Complex equipment and quality control laboratories (CEQCL), 1728: 012008. DOI:10.1088/1742-6596/1728/1/012008.
- Strizhenok A.V., Korelskiy D.S. 2019. Improvement of the System of Industrial Environmental Monitoring of Atmospheric Air in the Area of Anthropogenic Arrays Impact. Journal of Physics: Conference Series, International Conference on Complex equipment of quality control laboratories (CEQCL), 1384: 012052. DOI:10.1088/1742-6596/1384/1/012052.



Yamashkin A.A., Zhulina M.A. 2019. Assessment of the Processes of Formation and Transfer of Dust from Overburden Dumps in the Alekseevsky Quarry of Building Materials. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(1): 757–767.

References

- Aderikhin P.G. 1963. Pochvy Voronezhskoy oblasti. ikh genezis. svoystva i kratkaya agroproduktivnaya kharakteristika [Soils of the Voronezh Region, Their Genesis, Properties and Brief Agricultural Characteristics]. Voronezh, Publ. VGU, 263 p.
- Ahtyrcev B.P., Ahtyrcev A.B., Yablonskih L.A. 2006. Voronezh Region Soils. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 1: 85–95 (in Russian).
- Dabakhov M.V., Dabakhova E.V., Titova V.I. 2005. Tyazhelye metally: ekotoksikologiya i problemy normirovaniya [Heavy Metals: Ecotoxicology and Regulation Problems]. N. Novgorod, Publ. Nizhegor. GSKhA, 164 p.
- Dzhambetova P.M. 2014. Geneticheskiye posledstviya zagryazneniya okruzhayushchey sredy nefteproduktami v Chechenskoy respublike [Genetic Consequences of Environmental Pollution with Oil Products in the Chechen Republic]. Abstract. dis. ... doc. biol. sciences. Ufa, 47 p.
- Drugov Yu.S., Rodin A.A. 2000. Ekologicheskiye analizy pri razlivakh nefi i nefteproduktov [Environmental Analyzes for Oil Spills and Oil Products]. Saint Petersburg, Publ. Anatoliya, 250 p.
- Klepikov O.V., Filimonova O.N., Enyutina M.V., Nazarenko I.N. 2019. Review of Adverse Impact Assessment Studies Military Airfields on the Environment. *Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriya i praktika*, 11: 93–103 (in Russian).
- Kosinova I.I., Krutskikh N.V., Kustova N.R. 2007. Tekhnogennoye preobrazovaniye prirodnoy sredy territorii g. Voronezha i ego ekologicheskiye posledstviya [Technogenic Transformation of the Natural Environment of the Territory of Voronezh and Its Environmental Consequences]. Moscow, Publ. RGOTUPS, 172 p.
- Kochetova Zh.Yu., Bazarsky O.V., Baklanov I.O., Maslova N.V. 2020. Impact of Priority Contaminants of Aviation and Space Activities on Human Health. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*, 4(112): 39–44 (in Russian).
- Kochetova Zh.Yu., Bazarsky O.V., Maslova N.V. 2018. Comparative Analysis of Integrated Indicators of Pollution of Soils of Urbanized Territories by Priority Contaminants. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University journal*, 1(125): 28–37 (in Russian). DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-28-36.
- Kochetova Zh.Yu., Vnukova S.V., Andrievskij I.A., Kalinin N.S., Maslova N.V. 2019. Vliyanie aviacionnoj deyatel'nosti na pokazatel' kislotnosti deponiruyushchih sred pri aerodromnoj territorii [The Influence of Aviation Activity on the Acidity Index of Depositing Media in the Aerodrome Area]. In: *Potencial nauki i sovremennogo obrazovaniya v reshenii prioritnykh zadach APK i lesnogo hozyajstva [The Potential of Science and Modern Education in Solving the Priority Tasks of the Agro-Industrial Complex and Forestry]*. Proceedings of the Anniversary National Scientific and Practical Conference, 20–21 February 2019, Ryazan. Ryazan, Publ. Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva: 158–162.
- Kochetova Zh.Yu., Maslova N.V., Bazarskiy O.V. 2022. Aviatsionno-raketnyye klasteri i okruzhayushchaya sreda [Aviation and Missile Clusters and the Environment]. Moscow, Publ. Infra-M, 266 p.
- Lazarev I.S., Kochetova Zh.Yu., Bazarsky O.V., Baklanov I.O. 2019. Monitoring and Forecasting Contamination of Land Next to the Airfield (for Example, Engels). *Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University*, 56: 126–132 (in Russian). DOI: 10.33933/2074-2762-2019-56-126-132.
- Milicheva N.N., Sablina A.M. 2018. Best Available Techniques of Decrease Dust Emissions Into the Atmospheric Air Applicable in Various Industries. *Engineering journal of Don*, 4(51): 31–42 (in Russian).
- Myachina O.V., Klepikov O.V., Borisov N.A., Pichuzhkina N.M. 2016. Okruzhayushchaya sreda goroda: organizatsiya monitoringa i analiz sostoyaniya [City Environment: Organization of Monitoring and Analysis of the State]. Voronezh, Publ. IPF «LIO», 180 p.
- Nazarenko O.G., Minkina T.M. 1994. Soderzhanie tyazhelykh metallov v pochvah Rostovskoy oblasti [The Content of Heavy Metals in the Soils of the Rostov Region]. *Tezisy dokladov regional'noj*

- nauchno-prakticheskoy konferencii «Biotekhnologiya i proizvodstvo ekologicheskoi chistoj produkcii sel'skogo hozyajstva», 26–27.
- Okolelova A.A., Kaplya V.N., Lapchenkov A.G. 2019. Evaluation of Oil Content in Soils. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series, 43(1): 76–86 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-1-76-86.
- Petelin A.L., Orelkina D.I., Novikova E.A. 2019. Aerosol'nyj perenos gazovyh vybrosov promyshlennyh predpriyatij na dal'nie rasstoyaniya [Aerosol Transfer of Gas Emissions from Industrial Enterprises Over Long Distances]. Voprosy nauki i obrazovaniya, 3(47): 10–22.
- Risnik D.V., Belyaev S.D., Bulgakov N.G., Levich A.P., Maksimov V.N., Mamikhin S.V., Milko E.S., Fursova P.V., Rostovtseva E.L. 2012. Approaches to Standardization of Environment Quality. Legislative and Scientific Foundations of Current Ecological Normalization Systems. Biology Bulletin Reviews, 132(6): 531–550 (in Russian).
- Rubin V.M., Il'yukova I.I., Kremko L.M., Prismotrov Yu.A., Samsonova A.S., Volodko I.K., Lukashev O.V. 2013. Hygienic Substantiation of Maximum Permissible Concentrations of Oil Products in the Soils of the Republic of Belarus. Hygiene and Sanitation, 92(2): 99–101 (in Russian).
- Ekologicheskaya geologiya krupnykh gornodobyvayushchikh rayonov Severnoy Evrazii (teoriya i praktika) [Ecological Geology of Large Mining Regions of Northern Eurasia (Theory and Practice)]. 2015. Ed. by I.I. Kosinova. Voronezh, Publ. VGU, 576 p.
- Ivanov A.V., Strizhenok A.V. 2021. Evaluation of the Effectiveness of Dust Screens and the Possibilities of Taking Into Account Their Influence in Software Models. Journal of Physics: Conference Series, International Conference on Complex equipment and quality control laboratories (CEQCL), 1728: 012008. DOI:10.1088/1742-6596/1728/1/012008.
- Strizhenok A.V., Korelskiy D.S. 2019. Improvement of the System of Industrial Environmental Monitoring of Atmospheric Air in the Area of Anthropogenic Arrays Impact. Journal of Physics: Conference Series, International Conference on Complex equipment of quality control laboratories (CEQCL), 1384: 012052. DOI:10.1088/1742-6596/1384/1/012052.
- Yamashkin A.A., Zhulina M.A. 2019. Assessment of the Processes of Formation and Transfer of Dust from Overburden Dumps in the Alekseevsky Quarry of Building Materials. International Journal of Civil Engineering and Technology, 10(1): 757–767.

*Поступила в редакцию 31.05.2022;
поступила после рецензирования 20.06.2022;
принята к публикации 15.07.2022*

*Received May 31, 2022;
Revised June 20, 2022;
Accepted July 15, 2022*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лазарев Илья Сергеевич, соискатель ученой степени кандидата географических наук кафедры эксплуатации и ремонта средств аэродромно-технического обеспечения; помощник начальника отдела центра организации научной работы и подготовки научно-педагогических кадров, Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, г. Воронеж, Россия

Кочетова Жанна Юрьевна, доктор географических наук, доцент кафедры эксплуатации и ремонта средств аэродромно-технического обеспечения, Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Il'ya S. Lazarev, Applicant for the Degree of Candidate of Geographical Sciences of the Department of Operation and Repair of Airfield Technical Support Facilities; Assistant to the Head of the Department of the Center for the Organization of Scientific Work and the Training of Scientific and Pedagogical Personnel of the N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia

Zhanna Yu. Kochetova, Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation and Repair of Airfield and Technical Support Facilities of the N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia



Маслова Наталья Владимировна, кандидат химических наук, председатель цикловой комиссии химических технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия

Natal'ya V. Maslova, Candidate of Chemical Sciences, Chairman of the Cycle Commission of Chemical Technologies of the Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

Терентьев Владислав Витальевич, курсант 2 курса факультета радиотехнического обеспечения, Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, г. Воронеж, Россия

Vladislav V. Terent'yev, Cadet of the 2nd Year of the Faculty of Radio Engineering Support of the N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia