ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

DOI 10.15593/2409-5125/2018.04.09

УДК 504.054

Ж.Ю. Кочетова¹, Н.В. Маслова², О.В. Базарский¹

¹Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

²Центр гигиены и эпидемиологии № 97 ФМБА России

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Изучена одиннадцатилетняя динамика загрязнения верхнего слоя почв на территориях испытательного комплекса ракет-носителей, военного аэродрома и прилегающих к ним промышленной, селитебной, рекреационной зонам. Рассчитан уточненный суммарный показатель загрязнения почв специфическими соединениями авиационно-космической деятельности (керосин, формальдегид, нитраты); проведено ранжирование исследуемых функциональных зон по типу сложившейся экологической ситуации; показана динамика загрязнения почв исследуемой территории г. Воронежа при интенсификации деятельности испытательного комплекса ракет-носителей и реконструкции аэродрома. В программе Surfer построены концентрационные изолинии загрязнения почв, позволяющие выявить основные источники загрязнения в различные годы мониторинга. Установлено, что наибольший вклад в ухудшение экологической ситуации на обширной территории вносит реконструируемый склад ГСМ; из изученных типов почв наиболее подвержен загрязнению чернозем, способный накапливать в поверхностном гумусном слое керосин, препятствующий фильтрации вторичных загрязнителей. Даны теоретические рекомендации по размещению объектов авиационно-космической деятельности на грунтах с высокой фильтрующей способностью. При строительстве аэродромов на территориях с черноземом рекреационные и селитебные зоны должны быть расположены на расстоянии не меньше чем в 5 км от складов и взлетно-посадочной полосы, что не сделано в г. Воронеже.

Ключевые слова: загрязнение почв, керосин, нитраты, формальдегид, ракеты-носители, аэродром, уточненный суммарный показатель загрязнения почв.

Кочетова Ж.Ю., Маслова Н.В., Базарский О.В. Оценка влияния авиационно-космической деятельности на экологическое состояние урбанизированной территории // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 4. – С. 107–116. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.04.09

Kochetova Zh., Maslova N., Bazarskiy O. Assessment of the impact of aerospace activities on the environmental state of an urbanized area. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2018. No. 4. Pp. 107-116. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.04.09

Проблемы загрязнения окружающей среды при возрастании интенсивности техногенной нагрузки в крупных промышленных центрах приобретают особую остроту вследствие концентрирования и рассеивания больших масс поллютантов на ограниченных территориях. Как отмечается во многих исследованиях [1–3], ни один компонент городской среды обитания не избежал значительной геохимической трансформации. Наибольшая антропогенная нагрузка при этом ложится на поверхностный слой литосферы, который служит естественным фильтром загрязнений.

В последние десятилетия наблюдается естественный рост мегаполисов, что приводит к неизбежному слиянию пригородов с территориями аэродромов, ракетодомов, испытательных комплексов (ИК) ракет-носителей, построенных в военные и послевоенные годы. При этом возникает противоречие между стратегическими задачами государства, решаемыми с помощью объектов авиационно-космической деятельности (АКД), и экологическим ущербом, наносимым ими [4, 5].

К специфическим загрязнителям объектов окружающей среды в результате АКД относят керосин, формальдегид и азотсодержащие вещества. Нефтепродукты изменяют физические и химические свойства почв; влияют на активность ферментов, отвечающих за важнейшие биологические процессы, приводят к нарушению соотношений биогенных элементов [6]. Ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) нефтепродуктов для земель промышленности, транспорта, связи, обороны составляет 100 мг/кг [2]. Формальдегид и азотсодержащие соединения образуются при сгорании нефтяного топлива и разложении гептила, поэтому в крупных населенных пунктах с действующими авиационно-космическими комплексами отмечается их повышенное содержание в почвах [7, 8]. За время мониторинга сам гептил в почвах находился на уровне ниже предела обнаружения или в значительно меньших количествах, чем его предельно допустимая концентрация (ПДК).

Формальдегид – канцероген, относится к соединениям II класса опасности [3]. Азотсодержащие вещества в результате химических превращений в почвах находятся в основном в виде нитратов, которые накапливаются в верхних плодородных слоях и по цепи питания попадают в организм человека и животных. Ранее было установлено, что загрязнение почв нефтепродуктами нарушает углеродно-азотный баланс, при этом наблюдается повышение содержания общего азота и накопление формальдегида [9, 10]. ПДК формальдегида и нитрат-ионов в грунтах составляет 7,0 и 130 мг/кг соответственно (ГН 2.1.7.2041–06).

Цель работы – анализ динамики загрязнения почв урбанизированной территории специфическими загрязнителями аэродромов и испытательных площадок ракет-носителей в результате интенсификации их деятельности; выработка практических рекомендаций по размещению объектов авиационно-космической деятельности.

Экспериментальная часть. В 2007–2017 гг. определяли содержание нефтепродуктов, нитрат-ионов, формальдегида в верхних слоях почв южного пригорода Воронежа площадью около 177,5 км², где расположены химически опасное предприятие ОАО «Конструкторское бюро химавтоматики» (ОАО «КБХА») и военный аэродром «Балтимор».

ОАО «КБХА» является одним из мировых лидеров в создании жидкостных ракетных двигателей, работающих на топливе I класса опасности и керосине. С 2008 г. возросли объемы выбросов специфических загрязнителей в объекты окружающей среды в связи с увеличением количества проводимых испытаний ракет-носителей, с 2012 г. увеличилась доля использования керосина в качестве топлива ракетных двигателей. Санитарно-защитная зона ОАО «КБХА» составляет 1400 м. В северном направлении на расстоянии 80 м от ее границы находится дачный поселок «Сады», являющийся ближайшей жилой застройкой и зоной рекреации.

Помимо испытательных площадок ракет-носителей на экологию дачного поселка «Сады» оказывает существенное влияние военный аэродром «Балтимор», расположенный севернее от границы поселка на 600 м. В 2013 г. на аэродроме начались мероприятия по удлинению взлетно-посадочной полосы и реконструкции склада горюче-смазочных материалов, что сопровождалось масштабным перемещением почв и грунтов, разливом нефтепродуктов при демонтаже цистерн и трубопроводов, распространением загрязнителей с пылевыми облаками и дождевыми водами на значительные расстояния. В зону загрязнения объектов АКД попадают жилые поселки Малышево, Шилово, Таврово и Семилукские Выселки с общей численностью населения 150 176 чел. (по итогам Всероссийской переписи населения 2010 г.).

Комплекс металлургического производства (КМП), граничащий с ИК и дачным поселком «Сады», является основным источником тяжелых металлов. Поступая в почвы в больших количествах от автотранспорта и промышленных предприятий г. Воронежа, тяжелые металлы не могут служить объективной характеристикой при оценке влияния деятельности аэродрома и испытательного комплекса ракет-носителей на загрязнение прилегающих территорий, поэтому их нельзя отнести к специфическим загрязнителям объектов АКД на территории промышленного мегаполиса и в рамках этой работы они не рассматриваются.

Отбор проб осуществляли весной и осенью в соответствии с действующими нормативами: с каждой площадки ($10 \times 10 \text{ м}^2$) на глубине 0–20 см отбирали 5–10 индивидуальных образцов массой 0,6–0,8 кг методом случайной выборки [11]. Предварительно устанавливали характерный для точек отбора проб тип почв и их водородный показатель pH в соответствии с существующими нормативами (ГОСТ 25100–2011, ГОСТ 26483–85). Содержание в почвах керосина определяли ИК-спектрометрическим методом (ПНДФ 16.1:2.2.22–98), нитрат-ионов и формальдегида – фотометрическим (ПНДФ 16.1:2.2.2:3.67–10 и МУК 4.1.000–11 соответственно). Всего было исследовано более 300 проб почв из 17 точек пробоотбора.

Результаты и обсуждение. Для исследуемой территории характерны различные типы почв, в промышленной и селитебной частях города они сильно преобразованы на глубину до 1 м и их можно отнести к урбаноземам. В точках отбора проб на территориях ИК, поселков Малышево и Шилово преобладают суглинки; КМП – лесс; поселков Таврово и Семилукские Выселки – супесь; дачного поселка «Сады» – чернозем.

Во многих работах отмечается влияние нефтеуглеводородного загрязнения на pH почв [12]. Установлено, что pH почв в среднем для всех контрольных точек за 11 лет уменьшился на $(18 \pm 4) \%$. Максимальное изменение ($\Delta \text{pH} = 2,1 \pm 0,5$) характерно для поверхностного слоя почв испытательного комплекса и поселка «Сады», с наибольшим уровнем загрязнения керосином; минимальное ($\Delta \text{pH} = 0,8 \pm 0,3$) – для КМП с преобладающим лессовым составом почв ($\text{pH} > 7$) и повышенным содержанием в них ионов металлов.

За изученный период исследуемые специфические загрязнители АКД содержались во всех точках пробоотбора почв, причем до 2008–2009 гг. их концентрации не превышали допустимые. При увеличении числа испытаний ракет-носителей в ОАО «КБХА» и интенсификации работы аэродрома концентрация загрязнителей увеличивались. Наиболее подвержены загрязнению площадки испытательного комплекса, металлургического производства и территория дачного поселка «Сады». Максимально высокое содержание керосина в почвах зафиксировано в 2014 г. на территории реконструируемого склада ГСМ, где ОДК было превышено примерно в 20 раз. В 2016 г. содержание керосина в почвах ИК и поселка «Сады» составило 8,7 и 14,7 ОДК соответственно.

Незначительное превышение ПДК нитратного азота (на 10–15 %) характерно для территории КМП и поселка Малышево начиная с 2013 г. На территории поселка «Сады» наблюдается закономерное увеличение содержание нитратного азота с 3,57 мг/кг (2008 г.) до 53,70 мг/кг (2016 г.),

однако его содержание не превышало нормы. Превышение ПДК формальдегида в почвах зафиксировано в 2015 и 2016 г. во всех контрольных точках, кроме поселков Малышево, Таврово, Семилукские Выселки. Наибольшее содержание формальдегида определено в грунтах ИК, металлургического производства и поселка «Сады» (около 3 ПДК).

Для интегральной оценки экологического состояния объектов среды техногенно-нагруженных территорий существуют и продолжают разрабатываться различные подходы [13, 14], основанные на суммировании содержания загрязнителей почв с учетом коэффициентов риска индивидуальных компонентов (1/ПДК или 1/ОДК). В работе использовали уточненный суммарный показатель загрязнения депонирующих сред Z_y , как наиболее объективный и чувствительный к изменению экологической ситуации в условиях сильно различающихся по токсичности загрязнителей почв:

$$Z_y = \sum K_i - \log_2 n,$$

где K_i – коэффициент концентрации i -го загрязняющего вещества, рассчитанный как отношение концентрации i -го загрязняющего вещества в почве к его ПДК ($C_i/\text{ПДК}_i$) или ОДК ($C_i/\text{ОДК}_i$); n – число загрязняющих веществ.

В формуле, как и при классическом вычислении суммарного показателя загрязнения [15], проводится суммирование коэффициентов концентраций загрязняющих веществ, однако n не ограничивается только теми коэффициентами концентрации, которые больше единицы. Такой подход позволяет учитывать все загрязнители почв с концентрациями меньше ПДК, при этом информация о токсичных соединениях при их невысоком содержании в почвах не теряется.

Для исследуемой территории построены зависимости изменения суммарного показателя загрязнения во времени (рис. 1) почвы территории поселка «Сады» ($1 - y = 0,30x^2 - 2,10x + 1,91$, $R^2 = 0,96$), испытательного комплекса ракет-носителей ($2 - y = -0,12x^2 + 0,67x + 0,98$, $R^2 = 0,31$), комплекса металлургического производства ($3 - y = 0,78x^2 - 0,96x - 0,67$, $R^2 = 0,94$). Концентрация загрязняющих веществ соответствовала рангу «техногенный фон» [13] во всех изученных точках пробоотбора до момента начала проведения интенсивных испытаний в ОАО «КБХА».

На территории металлургического комплекса (рис. 1, график 3) суммарный показатель загрязнения увеличивался равномерно без ярко выраженных пиков в связи с интенсификацией деятельности металлургического цеха. К 2015–2016 гг. показатель загрязнения $Z_y > 2$, что соответствует рангу «экологический риск», при котором возникает вероятность отрицательных изменений в окружающей природной среде или отдаленных неблагоприятных последствий этих изменений.

Рис. 1. Динамика изменения уточненного суммарного показателя загрязнения почвы территории поселка «Сады» ($1 - y = 0,30x^2 - 2,10x + 1,91$, $R^2 = 0,96$), испытательного комплекса ракет-носителей ($2 - y = -0,12x^2 + 0,67x + 0,98$, $R^2 = 0,31$), комплекса металлургического производства ($3 - y = 0,78x^2 - 0,96x - 0,67$, $R^2 = 0,94$)

Значительное ухудшение экологической ситуации характерно для территории дачного поселка «Сады», где с 2015 г. $Z_y > 8$, что соответствует рангу «некомпенсированный кризис». При этом происходит чрезвычайно высокое накопление вредных веществ в организмах, приводящее к необратимым изменениям окружающей среды. Как следует из графика, резкое ухудшение экологической обстановки на территории поселка произошло в 2012 г., при этом на территории испытательного комплекса коэффициент Z_y соответствовал рангу «экологическая норма». С другой стороны, в 2011 г. при возникновении нештатной ситуации на территории ИК суммарный уровень загрязнения почв на территории дачного поселка соответствовал «техногенному фону». На территории склада ГСМ экологическая ситуация с 2014 г. соответствует рангу «бедствие». Это позволяет сделать вывод о том, что основное негативное воздействие на экологическую обстановку поселка «Сады» оказывает не деятельность ОАО «КБХА», а реконструкция склада ГСМ на военном аэродроме.

Кроме того, важным фактором, влияющим на накопление загрязняющих веществ в почвах дачного поселка, является низкая скорость фильтрации керосина в черноземе по сравнению с другими типами грунтов на исследуемой территории [3]. Почвы с высоким содержанием нефтеуглеводородов теряют способность впитывать и удерживать влагу, при этом нарушается корневое питание растений, концентрация азотсодержащих веществ увеличивается. Из-за снижения фильтрующей способности чернозема отмечается накопление относительно устойчивого формальдегида в его поверхностном слое.

В программе Surfer по 17 точкам отбора проб построены карты суммарного загрязнения почв южной части г. Воронежа в 2013 и 2017 г. (рис. 2). До начала реконструкции военного аэродрома на карте изолиниями очерчены две зоны загрязнения территорий (рис. 2, а), причем максимум ($Z_y > 2$) наблюдается в 500–700 м от ИК. На прилегающих территориях (поселок «Сады» и КМП) экологическая ситуация не выходила за рамки ранга «экологический риск» на протяжении всего времени исследования, за исключением 2011 г. при возникновении нештатной ситуации на ИК. По мере удаления от основного источника выбросов Z_y снижался до 1 (территории поселков Таврово, Шилово). В поселках Малышево и Шилово $Z_y < 1$, что соответствует рангу «экологическая норма». С 2014 г. геометрия изолиний на картах исследуемой территории существенно меняется, что связано с увеличением влияния деятельности аэродрома в отношении загрязнения грунтов керосином.

Рис. 2. Карты загрязнения почв специфическими веществами авиационно-космической деятельности: а – 2013 г.; б – 2017 г.

К 2017 г. на карте (рис. 2, б) отмечаются четыре зоны загрязнений с соответствующими рангами:

- I – «некомпенсированный кризис» – территория, прилегающая к аэродрому, в том числе селитебная, и часть дачного поселка «Сады»;
- II – «компенсированный кризис» – значительная часть дачного поселка «Сады», поселка Тенистый, Долгий лес, Малышевский лес;
- III – «экологический риск» – промышленные площадки испытательного комплекса ОАО «КБХА», Шиловский лес;

– IV – «экологическая норма» – поселки Шилово, Семилукские Выселки, Таврово.

Заключение. Проведенное исследование почв в промышленном районе г. Воронежа позволило: 1) оценить уровень и динамику загрязнения окружающей среды за 11 лет, обусловленную деятельностью военного аэродрома и испытательного комплекса ракет-носителей; 2) выявить основные источники загрязнения почв специфическими загрязнителями АКД (нефтепродуктами, нитрат-ионами, формальдегидом) в разные годы мониторинга.

Составленные карты загрязнения почв исследуемого района показали, что до 2014 г. основным источником поступления специфических загрязнителей АКД в почвы урбанизированной территории был испытательный комплекс ракет-носителей, причем с увеличением интенсивности работы и изменением химического состава топлива значительных флуктуаций общего загрязнения почв не выявлено, кроме аварийного выброса в 2011 г. с возвращением уровня загрязнения к рангу «экологическая норма». Показатель суммарного загрязнения почв на территориях, прилегающих к испытательному комплексу, не превышал нормы, что во многом определяется типом почв – это почвы с высокой скоростью фильтрации нефтепродуктов.

Основным источником поступления загрязнителей с 2014 г. является военный аэродром, граничащий непосредственно с рекреационной зоной. За последние три года сложившаяся ситуация на прилегающих к аэродрому территориях изменилась от «экологической нормы» до «некомпенсированного кризиса» и продолжает ухудшаться. На территории дачного поселка «Сады», где преобладает чернозем, керосин накапливается в поверхностном гумусном слое и препятствует фильтрации вторичных загрязнителей.

Для решения проблемы необходимо предпринять комплекс мер, направленных на соблюдение экологических норм военным аэродромом, в том числе на снижение эмиссии топлива при хранении, заправке техники, при выполнении учебных вылетов. В то же время необходима работа по оповещению владельцев дачных участков поселка «Сады» с целью восполнения пробелов экологической безграмотности, проведение дополнительных медицинских мероприятий по выявлению заболеваний, вызванных негативной экологической ситуацией. Необходимо также отметить, что к загрязнению керосином из исследованных типов почв наиболее чувствителен чернозем. Поэтому предприятия, загрязняющие окружающую среду нефтяным топливом в пригородах мегаполисов,

должны размещаться на грунтах с высокими фильтрационными свойствами. При строительстве взлетно-посадочных полос аэродромов на территориях с черноземом рекреационная зона должна быть расположена на расстоянии не меньше чем в 5 км от полосы, что не сделано в г. Воронеже.

Библиографический список

1. Геворгян В.М., Пономарева О.И., Кемер О.В. Экологические особенности почвенного покрова аэродромных комплексов гражданской авиации // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 4 (4). – С. 795–798.
2. Кочетова Ж.Ю. Экомониторинг нефти и нефтепродуктов в объектах окружающей среды / ВУНЦ ВВС «ВВА». – Воронеж, 2016. – 204 с.
3. Огородников С.К. Формальдегид. – Л.: Химия, 1984. – 280 с.
4. Airport-Related Air Pollution and Noise / B.S. Cohen, A.L. Bronzaft, M. Heikkinen, J. Goodman, A. Nádas // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. – 2007. – No 5:2. – P. 119–129.
5. Airport related air pollution and health effects / I. Iavicoli, L. Fontana, C. Ancona, F. Forastiere // Epidemiol Prev. – 2014. – No. 38 (3–4). – P. 237–243.
6. Новоселова Е.И., Киреева Н.А., Гарипова М.И. Роль ферментативной активности почв в осуществлении ею трофической функции в условиях нефтяного загрязнения // Вестник Башкирского университета. – 2014. – Т. 19, № 2. – С. 474–479.
7. Kasimov N.S., Krechetov P.P., Koroleva T.V. Experimental studies of rocket fuel behavior in soils // Doklady Earth Sciences – 2006. – Vol. 409, no. 5. – P. 744–746.
8. Transformations of asymmetric dimethylhydrazine in soils / I.A. Rodin, D.N. Moskvina, A.D. Smolenskova, O.A. Shpigun // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2008. – Vol. 82, no. 6. – P. 911–915.
9. Косинова И.И., Крутских Н.В., Лаврова Н.Б. Эколого-геохимическая оценка урбанизированных территорий на примере г. Петрозаводска // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2011. – № 2. – С. 204–211.
10. Просянкин Е.В., Смольский Е.В., Гуца А.С. Влияние загрязнения нефтью на почвы Юго-запада нечерноземной зоны России // Агрохимия. – 2012. – № 7. – С. 74–86.
11. Методическое пособие по организации и порядку отбора проб объектов производственной и природной среды для проведения анализа компонентов: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. – 2014. – 158 с.
12. Bouwman A.F., Vuuren D.P. van, Derwent R.G. A global analysis of acidification and eutrophication of terrestrial ecosystems // Water, Air and Soil Pollution. – 2002. – Vol. 141. – P. 349–382.
13. Косинова И.И. Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика). – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2015. – 576 с.
14. Bioavailability of Contaminants in Soils and Sediments: Processes, Tools, and Applications // National Research Council. – Washington DC: The National Academies Press, 2003.
15. Кочетова Ж.Ю., Базарский О.В., Маслова Н.В. Сравнительный анализ интегральных показателей загрязнения почвогрунтов урбанизированной территории приоритетными загрязнителями // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2018. – № 1 (123). – С. 28–37.

References

1. Gevorgyan V.M., Ponomareva O.I., Kemer O.V. Ecological characteristics of soil-cover complexes aerodrome civil aviation [Jekologicheskie osobennosti pochvennogo pokrova ajerodromnyh kompleksov grazhdanskoj aviacii]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN*. 2013, vol. 15, no 4(4), pp. 795–798.
2. Kochetova Zh.Yu. Environmental monitoring of oil and petroleum products in environmental objects [Jekomonitoring nefiti i nefteproduktov v ob'ektah okruzhajushhej sredy]. Voronezh, 2016. 204 p.
3. Ogorodnikov S.K. Formaldehyde [Formal'degid]. Leningrad, Himiya, 1984. 280 p.

4. Cohen B.S., Bronzaft A.L., Heikkinen M., Goodman J., Nádas A. Airport-Related Air Pollution and Noise. *J. of Occupational and Environmental Hygiene*. 2007, no 5:2, pp. 119-129.
5. Iavicoli I., Fontana L., Ancona C., Forastiere F. Airport related air pollution and health effects. *Epidemiol Prev*. 2014, no 38(3-4), pp. 237-243.
6. Novoselova E.I., Kireeva N.A., Garipova M.I. The role of soil enzymatic activity in its trophic function in conditions of oil pollution [Rol' fermentativnoj aktivnosti pochv v osushhestvlenii eju troficheskoy funktsii v usloviyah nefljanogo zagryazneniya]. *Vestnik bashkirskogo universiteta*. 2014, vol.19, no 2, pp. 474-479.
7. Kasimov N.S., Krechetov P.P., Koroleva T.V. Experimental studies of rocket fuel behavior in soils. *Doklady Earth Sciences*. 2006, vol. 409, no 5, pp. 744-746.
8. Rodin I.A., Moskvina D.N., Smolnikov A.D., Shpigun O.A. Transformations of asymmetric dimethylhydrazine in soils. *Russian Journal of Physical Chemistry A*. 2008, vol. 82, no 6, pp. 911-915.
9. Kosinova I.I., Krutskikh N.V., Lavrova N.B. Ecological and geochemical assessment of urban areas on the example of Petrozavodsk [Jekologo-geohimicheskaja ocenka urbanizirovannykh territorij na primere g. Petrozavodskaja]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya*. 2011, no 2, pp. 204-211.
10. Prosyannikov E.V., Smol'skij E.V., Gushcha A.S. Influence of oil pollution on soils of the South-West of the non-Chernozem zone of Russia [Vlijanie zagryazneniya nef'tju na pochvy JUgo-Zapada Nechernozemnoj zony Rossii]. *Agrokhimiya*. 2012, no 7, pp. 74-86.
11. Methodical manual on the organization and procedure of sampling of industrial and natural environment for the analysis of components [Metodicheskoe posobie po organizacii i porjadku otbora prob ob'ektov proizvodstvennoj i prirodnoj sredy dlja provedenija analiza komponentov]. Moscow, 2014. 158 p.
12. Bouwman A.F., Van Vuuren D.P., Derwent R.G. A global analysis of acidification and eutrophication of terrestrial ecosystems. *Water, Air and Soil Pollution*. 2002, vol. 141, pp. 349-382.
13. Kosinova I.I. Ecological Geology of large mining areas of Northern Eurasia (theory and practice) [Jekologicheskaja geologija krupnykh gornodobyvajushchih rajonov Severnoj Evrazii (teorija i praktika)]. Voronezh, Izd-vo VGU, 2015. 576 p.
14. Bioavailability of Contaminants in Soils and Sediments: Processes, Tools, and Applications. National Research Council. Washington. DC: The National Academies Press. 2003.
15. Kochetova Zh.Yu., Bazarskij O.V., Maslova N.V. Comparative analysis of integrated indicators of soil pollution of urbanized area by priority contaminants [Sravnitel'nyj analiz integral'nykh pokazatelej zagryazneniya pochvogruntov urbanizirovannoj territorii prioritelnymi kontaminantami]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018, no 1(123), pp. 28-37.

Получено 5.06.18

Zh. Kochetova, N. Maslova, O. Bazarskij

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF AEROSPACE ACTIVITIES ON THE ENVIRONMENTAL STATE OF AN URBANIZED AREA

The eleven-year dynamics of pollution of the top layer of soils in the territories of the test complex of launch vehicles, military airfield and adjacent industrial, residential, recreational areas was studied. The specified total indicator of soil contamination by specific aerospace compounds (kerosene, formaldehyde, nitrates) is calculated; the ranking of the studied functional zones is carried out according to the type of the current environmental situation; the dynamics of soil contamination of the studied territory of the city of Voronezh is shown during the intensification of the test complex of launch vehicles and the airport reconstruction. Concentration lines of soil pollution are drawn in Surfer software, allowing identifying the main sources of pollution in different years of monitoring. It was found that the greatest contribution to the deterioration of the environmental situation in the vast territory is made by a warehouse of petroleum products. Black earth is the most prone to pollution; it is

capable of accumulating kerosene in the surface humus layer, which prevents filtration of secondary pollution. Theoretical recommendations on the placement of objects of aerospace activity on soils with high filtering capacity are given. During the airfields construction, the runways should be located at a distance of at least 5 km from the territories with residential and recreational areas, which is not done in Voronezh.

Keywords: soil pollution, kerosene, nitrates, formaldehyde, launch vehicles, airfield, specified total index of soil pollution.

Кочетова Жанна Юрьевна (Воронеж, Россия) – канд. хим. наук, докторант, доцент кафедры физики и химии, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а, e-mail: zk_vva@mail.ru).

Маслова Наталья Владимировна (Воронеж, Россия) – канд. хим. наук, химик-эксперт, менеджер по качеству, Центр гигиены и эпидемиологии № 97 ФМБА России (394009, г. Воронеж, ул. Ворошилова, 22, e-mail: maslovanatvl@mail.ru).

Базарский Олег Владимирович (Воронеж, Россия) – д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры физики и химии, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а, e-mail: z_vaiu@mail.ru).

Kochetova Zhanna (Voronezh, Russian Federation) – Ph.D. in Chemical Sciences, doctoral Candidate, Associate Professor, Military educational and scientific center air force “N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy” (394064, Voronezh, Staryih Bolshevikov st., 54a, e-mail: zk_vva@mail.ru).

Maslova Natalya (Voronezh, Russian Federation) – Ph.D. in chemical Sciences, quality Manager, Chemist-expert, Center of hygiene and epidemiology № 97 of the Federal medical and biological Agency of Russia (394009, Voronezh, Voroshilova st., 22, maslovanatvl@mail.ru).

Bazarskij Oleg (Voronezh, Russian Federation) – Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, Professor of Physics and Chemistry, Military educational and scientific center air force “N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy” (394064, Voronezh, Staryih Bolshevikov st., 54a, e-mail: z_vaiu@mail.ru).