

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 502.35:504.054:504.5

DOI: 10.17072/2079-7877-2019-3-79-91

**АВИАЦИОННО-РАКЕТНЫЙ КЛАСТЕР КАК НОВЫЙ КЛАСС ОБЪЕКТОВ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА****Жанна Юрьевна Кочетова**

РИНЦ Author ID: 354688, SPIN-код 5866-5956

e-mail: zk_vva@mail.ru

Военно-учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж

В статье рассматривается противоречие между необходимостью выполнения стратегических задач государства, связанных с объектами авиационной и космической деятельности, и наносимым ими экологическим ущербом окружающей среде. Установлены общие структурные элементы авиационных и ракетных комплексов, а также идентичность их приоритетных контаминантов (керосин, формальдегид, циклические элементы, нитраты, нитриты), распространяемых в том числе на селитебные и рекреационные зоны. По результатам литературного анализа и проведенного 12-летнего геоэкологического мониторинга территорий испытательного комплекса ракет-носителей Акционерного общества «Конструкторское бюро химавтоматики» и военного аэродрома «Балтимор», находящихся в черте г. Воронеж, показана целесообразность объединения авиационных и космических объектов, а также прилегающих к ним территорий в новый класс объектов геоэкологического мониторинга – авиационно-ракетные кластеры с единым органом организации и управления геоэкологическим состоянием масштабных территорий. Для повышения информативности геоэкологического мониторинга территории с интенсивной и разнообразной техногенной нагрузкой доказана необходимость расчета уточненного суммарного коэффициента, который в отличие от общепринятого учитывает все контаминанты независимо от соотношения их фактической и предельно допустимой концентраций.

Ключевые слова: авиационно-космическая деятельность, загрязнение почв, контаминанты, геоэкологический мониторинг, уточненный суммарный коэффициент загрязнения.

**AVIATION-MISSILE CLUSTER AS A NEW CLASS OF GEOECOLOGICAL
MONITORING OBJECTS****Zhanna Yu. Kochetova**

SPRI Author ID: 354688, SPIN-code 5866-5956

e-mail: zk_vva@mail.ru

Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh

The article deals with the contradiction between the need for airfields and spaceports to implement strategic objectives of the state and environmental damage from those. Common structural elements of airfields and cosmodromes, as well as the same priority pollutants (kerosene, formaldehyde,

heavy metals, nitrates, and nitrites), distributed in residential and recreational areas in particular have been established. The article presents the results of literary analysis and 12-year soil monitoring at the launch vehicles test complex of JSC Design Bureau of Chemical Automation and on the territory of the Baltimore military airfield located in the city of Voronezh. The expediency of combining airfields and space objects as well as adjacent territories into a new class of geocological monitoring objects –aviation and missile clusters – is shown. The organization and management of the environmental situation in large areas of aviation and missile clusters requires a single body of environmental supervision. To increase the informativeness of geocological monitoring of the territory with intensive and diverse anthropogenic load, the necessity of calculating the refined total coefficient, which, unlike the generally accepted one, takes into account all pollutants regardless of the ratio of their actual and maximum permissible concentrations, is justified.

Keywords: aerospace activity, soil pollution, contaminants, geocological monitoring, refined total coefficient.

Введение

В настоящее время для обеспечения запусков и испытаний ракет, а также эксплуатации авиационной техники в Российской Федерации используется более 200 земельных участков площадью более 20 млн га [10]. Для поддержания необходимого уровня национальной безопасности страны и статуса России как ведущей космической державы требуется всемерное развитие отечественной ракетно-космической промышленности, способной разрабатывать и производить космическую технику мирового уровня по всем традиционным и перспективным направлениям космической деятельности [15]. В то же время экологическое состояние аэродромов (особенно военных) и космодромов приближено к катастрофическому, что отражается в докладах Министерства чрезвычайных ситуаций [3].

Как правило, объекты авиационной и космической деятельности располагаются вблизи мегаполисов, обеспечивающих их работниками научно-технического труда. Загрязняющие вещества, распространяющиеся от аэродромов и ракетодомов на жилые зоны, характеризуются высокой биологической активностью, их причисляют к антропогенным контаминантам [1].

Противоречие между выполнением стратегических задач государства, связанных с объектами авиационной и космической деятельности, и при этом наносимым ими ущербом окружающей среде приобретает с каждым годом всю большую актуальность, что отражено в росте числа публикаций по этой теме за последние 15 лет в ~3 раза. Результаты проводимых экологических исследований, проблемы организации и управления экологической ситуацией на аэродромах, космодромах, испытательных комплексах ракет-носителей изложены в трудах многих российских ученых. Кроме того, проведена оценка пространственного загрязнения объектов окружающей среды на наиболее экологически неблагоприятном этапе эксплуатации воздушных судов «гонка двигателей» [2]; оценено фоновое загрязнение почвогрунтов в местах падений первых ступеней ракет-носителей [11], установлена многолетняя динамика загрязнения почвогрунтов испытательного комплекса ракет-носителей и прилегающих к нему территорий [12]. Экспериментально установлено, что для полного восстановления почв и растительных сообществ необходим период времени не менее 15–20 лет [5]. Проблемы аналитического обеспечения работ при экологическом мониторинге территории космодрома подробно описаны в работе [7]. Авторами предлагается оптимизация экомониторинга, направленная на снижение стоимости и повышение качества химико-аналитических исследований за счет унификации оборудования и непрерывного совершенствования известных методик и разработки новых. Так, для тест-оценки степени загрязнения снегового покрова, почвогрунтов, водных объектов

нефтепродуктами в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей предложено использовать различные биоиндикаторы [11]; экономичные и надежные пьезосенсоры [12].

Стандартная схема геоэкологического мониторинга объектов авиационной и космической деятельности включает следующие основные этапы: 1) оконтуривание санитарно-защитных зон аэродромов, космодромов, испытательных комплексов ракет-носителей в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.120003; 2) выбор контрольных точек пробоотбора вблизи источников выбросов и по 1–2 точки в прилегающих населенных пунктах [13]; 3) пробоотбор почвы, консервирование проб и транспортировка в специализированные лаборатории; 4) пробоподготовка и определение концентрации основных загрязнителей [19]; 5) расчет коэффициента суммарного показателя загрязнения почвогрунтов в соответствии с методическими указаниями МУ 2.1.7.73099, построение аналоговых карт загрязнения почвогрунтов по контрольным точкам.

Общее руководство обеспечением экологической безопасности аэродромов осуществляют экологические службы, подчиняющиеся заместителю Министра обороны; испытательных комплексов ракет-носителей – Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии», которое является некоммерческой организацией, обеспечивающей деятельность Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; селитебных и рекреационных зон – Росприроднадзор, Департамент природных ресурсов и экологии и др.

Существующие решения геоэкологического мониторинга объектов авиационной и космической деятельности носят фрагментарный характер. Они заключаются в определении концентраций основных загрязнителей в отдельных точках объектов окружающей среды, где предполагается повышенный уровень их содержания. Такой подход дает информацию только о динамике происходящих экологических процессов, необходимой для начисления штрафных санкций, и не разрешает вышеуказанное противоречие.

Материалы и методы исследования

В РФ действуют около 70 военных аэродромов. За последние 15 лет модернизировано около 30 и планируется поэтапное восстановление остальных. Аэродромные комплексы включают типовые структуры по размещению и обслуживанию воздушных судов (взлетно-посадочная полоса, рулежные дорожки, места стоянок, склады хранения ГСМ, станции перекачки топлива, инфраструктура боевого, инженерно-технического, материально-тылового обеспечения авиации воинских частей), а также хранилища боеприпасов, технические и специальные площадки, занимающие значительные территории.

РФ имеет в своем распоряжении шесть космодромов (Байконур, Плесецк, Капустин Яр, Свободный, Ясный, Восточный), которые служат для осуществления пилотируемых запусков, выведения на геостационарную орбиту космических аппаратов и станций, запуска космических аппаратов военного, народнохозяйственного и научного назначения, проведения испытаний. На космодромах расположены стартовые, технические, посадочные, командно-измерительные комплексы, научно-исследовательские и испытательные подразделения, информационно-вычислительные центры, командные пункты. Современные космодромы включают ряд вспомогательных объектов: аэродромы, заводы по производству компонентов топлива, теплоэлектростанции, промышленные и сельскохозяйственные предприятия, железнодорожные и автомобильные коммуникации, а также поля падения отделяющихся ступеней ракет-носителей и элементов космических аппаратов, административные центры. Обслуживающий персонал космодрома может состоять из нескольких десятков тысяч человек.

Помимо космодромов на территории РФ расположены испытательные комплексы ракет-носителей, в том числе АО «Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева», АО «Машиностроительное конструкторское бюро «Искра» им.

И.И. Картукова», АО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко» и др. Испытательные комплексы выполняют различные задачи по производству, модернизации и испытанию ракет-носителей, разгонных блоков, малых космических аппаратов, ракетных жидкостных двигателей, топлива, а также инновационного медицинского оборудования, средств телекоммуникации. Ракетные комплексы включают испытательные стенды, промышленные объекты (например, литейное, термическое, гальваническое производство, металлургические, инструментальные и механообрабатывающие цеха), развитое энергетическое хозяйство, склады горючего и химических реактивов, административные постройки, научно-исследовательские центры, санитарно-экологические лаборатории, в их состав могут входить аэродромы и авторемонтные предприятия.

Несмотря на различия в выполняемых задачах, аэродромы, космодромы и испытательные комплексы ракет-носителей имеют много общего по своей структуре, источникам выбросов (следовательно, и по основным загрязнителям), а также существующему противоречию между решаемыми стратегическими задачами государства и воздействием на окружающую среду.

Анализ административно-географических характеристик объектов авиационно-космической деятельности в РФ и проведенный двенадцатилетний мониторинг загрязнения территорий, расположенных в черте г. Воронеж, позволили обосновать целесообразность объединения космодромов, испытательных комплексов ракет-носителей, их обслуживающих промышленных объектов, а также прилегающих к ним селитебных и рекреационных зон в новый класс объектов геоэкологического мониторинга – авиационно-ракетный кластер (АРК). При исключении из кластера отдельных зон схема геоэкологического мониторинга не изменяется. Такой подход позволяет объективно охарактеризовать уровень химического загрязнения масштабной территории в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями, сопоставить масштабы загрязнения и распространения контаминантов с медико-экологическими оценками здоровья населения, усовершенствовать систему геомониторинга на этапе принятия решения по выработке рекомендаций для геоэкологической и медико-социальной реабилитации наиболее загрязненных участков АРК.

Объекты исследования – депонирующие среды авиационно-ракетных кластеров на примере расположенного в черте г. Воронеж АРК, включающего: химически опасный объект Акционерное общество «Конструкторское бюро химавтоматики» (АО «КБХА»); военный аэродром «Балтимор»; промышленные объекты (металлургический цех, авторемонтные предприятия); населенные пункты, дачные поселки, сельскохозяйственные угодья, лес. Предмет исследования – загрязнение депонирующих сред АРК приоритетными контаминантами (керосин, циклические элементы, нитраты, нитриты, формальдегид).

Исследуемая в работе территория является примером состояния крупных городов, подверженных техногенному влиянию аэродромов, аэропортов, ракетодомов, испытательных комплексов ракет-носителей [6]. Функциональные зоны АРК, выделенные как системы взаимодействия «человек – природная среда», представлены на карте (рис. 1).

Исследуемая территория АРК занимает 177,5 км², из них зона авиационно-космического комплекса – 5,5% (6 точек отбора проб); промышленная зона – 1,8% (3 точки); селитебно-транспортная зона – 18,5% (6 точек) и рекреационная зона – 74,2% (8 точек). Геомониторинг АРК проводили по указанной выше стандартной схеме с 2007 по 2018 г. В этот период времени отмечается интенсификация деятельности испытательного комплекса ракет-носителей и аэродрома; с 2014 г. на аэродроме проводится реконструкция взлетно-посадочной полосы, склада горюче-смазочных материалов с масштабным перемещением грунта глубиной до 10 м.

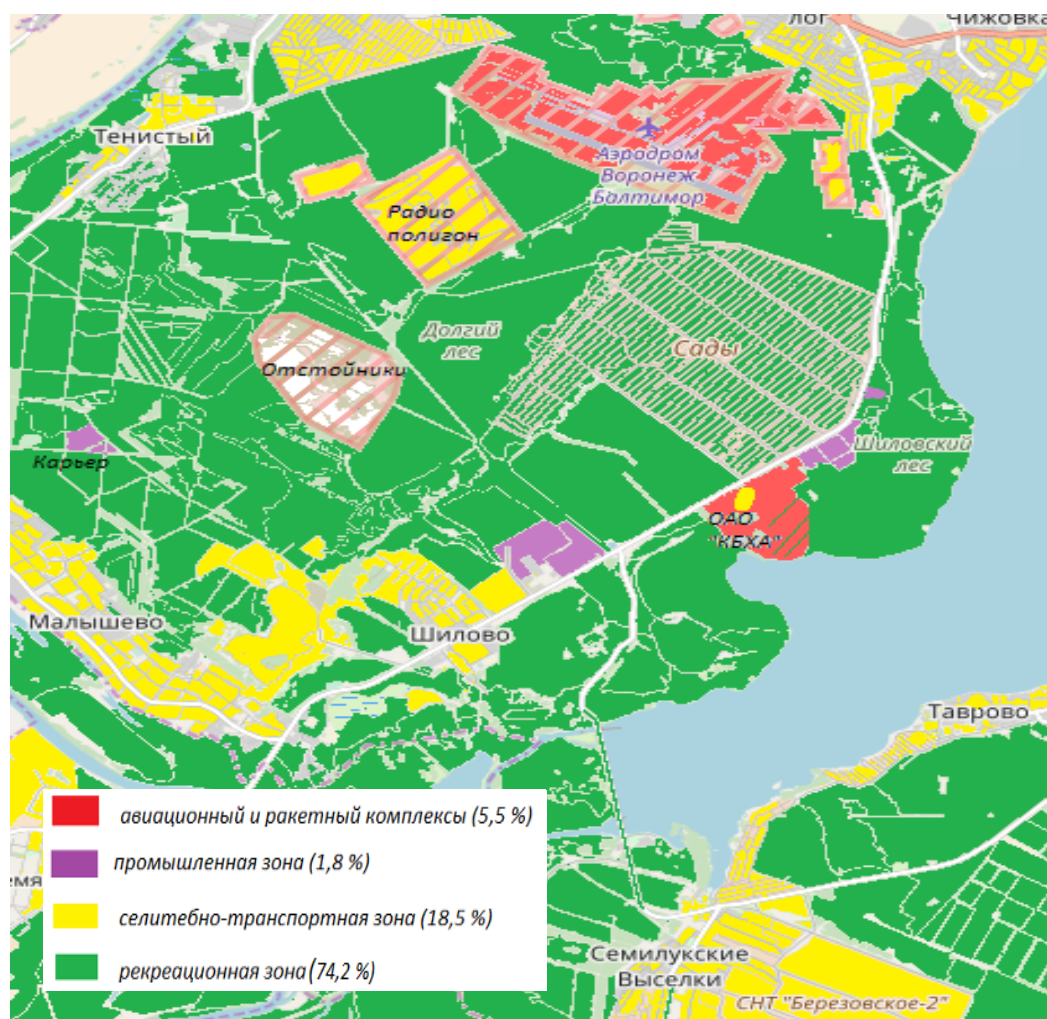


Рис. 1. Функциональная организация территории АРК
 Fig. 1. Functional organization of the aviation and missile cluster territory

Результаты и их обсуждение

Литературные данные и опыт проводимых многолетних исследований показывают, что оценку суммарного влияния на экологическую ситуацию АРК целесообразно проводить по изучению накопления в почвогрунтах специфических загрязнителей – керосина и формальдегида [7; 8]. Формальдегид – продукт неполного сгорания керосина (или его смеси с гептилом), образующийся при окислительных процессах в атмосфере. Наиболее опасный токсикант ракетно-космической деятельности – гептил из почвогрунтов в основном испаряется и, благодаря своей высокой реакционной способности, трансформируется в метан, нитриты, нитраты, аммиак, диметилгидразид муравьиной кислоты, 1-метил-1,2,4-триазол, диметиламин, нитрозодиметиламин, метил и триметилгидразин, диметилгидразоны формальдегида и др. [5].

С 2008 г. использование ракетного керосина при отработке пуска ракет-носителей на территории испытательного комплекса АО «КБХА» превалирует над другими видами топлива. За период проводимых исследований содержание гептила в объектах среды на расстоянии 100 м от испытательных площадок в большинстве случаев находилось на уровне ниже пределов определения метода через 12 ч от времени проведения испытаний. При этом содержание керосина, превышающее техногенный фон, фиксировалось в каждой точке отбора проб на всей территории АРК.

К приоритетным неспецифическим показателям загрязнения почвогрунтов на исследуемой территории предложено отнести:

– изменение показателя кислотности (рН) почвогрунтов в результате антропогенной деятельности, как одну из основных общих характеристик изменения состояния экологических систем;

– циклические элементы, накапливаемые в почвогрунтах аэродромов и космодромов в больших количествах (Pb, Mn, Zn, Cd, Cu, Ni), как показывают ранее проведенные исследования [20];

– нитраты и нитриты, как продукты трансформации соединений азота, выделяемых в большом количестве при взлете и посадке самолетов, запуске ракет-носителей.

Изучена динамика антропогенного подкисления почвогрунтов на всей территории с учетом их природы, степени урбанизированности и техногенной нагрузки. Установлено, что на значение рН почвогрунтов в районах с высокой техногенной нагрузкой главное влияние оказывают масштабность и химический состав близлежащих источников выбросов. Преобладающий тип грунтов влияет на их устойчивость к внешним воздействиям и способность к саморегенерации после залповых выбросов: наименее устойчивы почвы, обедненные гумусом с нарушенным естественным покровом (урбаноземы), что согласуется с результатами исследования О.Н. Забелиной, Э.Г. Коломыц [4; 16].

В селитебно-транспортной и рекреационной зонах в точках отбора проб, удаленных от источников выбросов и в большей мере сохранивших естественный почвенный покров, наблюдается равномерное снижение показателя кислотности почвогрунтов: в среднем за исследуемый период он уменьшился на 12 %. На территории испытательного комплекса с сильно преобразованным почвогрунтом и высокой техногенной нагрузкой – на 18,5 %.

Для объективной оценки динамики техногенного загрязнения почвогрунтов от источников авиационной и космической деятельности установлены техногенные фоновые значения концентраций приоритетных контаминантов ($\Phi_{гр}$), которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние фоновые концентрации приоритетных контаминантов авиационно-ракетного кластера в почвогрунтах
Average background concentrations of priority contaminants of the aviation-missile cluster in soils

Контаминант	Керосин	Pb	Cd	Zn	Cu
$\Phi_{гр}$, мг/кг	47,0±11,8	5,1±1,6	0,22 ±0,07	15,3±4,8	6,2±1,9
Контаминант	Ni	Mn	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Формальдегид
$\Phi_{гр}$, мг/кг	5,6±1,4	202±63	0,022±0,009	ниже предела обнаружения	1,9±0,2

Керосин за время экологических исследований обнаружен в каждой отобранной пробе почвогрунтов как на территориях аэродрома и испытательного комплекса ракет-носителей, так и на значительном удалении от них (до 14,5 км).

Концентрация керосина варьировалась в широком интервале в зависимости от функциональной зоны и удаления от источников загрязнения и достигала ~50 $\Phi_{гр}$. Перемещение грунта при реконструкции взлетно-посадочной полосы, распространение загрязнителей с пылевым облаком и испарение легких фракций керосина обусловили ухудшение состояния прилегающих к аэродрому территорий: концентрация керосина в черноземе рекреационной зоны на расстоянии 400 м от взлетно-посадочной полосы превышала фоновую в 5,7 раз. На удалении от аэродрома в соответствии с теорией о разлете частиц [17] и вследствие дополнительного воздействия от испытательного комплекса ракет-носителей – в 30 раз.

Отношения среднего за изученный период времени содержания циклических элементов в поверхностном слое почвогрунтов функциональных зон АРК относительно их фонового содержания выражаются безразмерными индексами, которые образуют следующие убывающие ряды:

испытательный комплекс: $Ni_{7,3} > Pb_{4,5} > Zn_{3,2} > Cu_{3,0} > Mn_{1,9} > Cd_{1,5}$;

аэродром «Балтимор»: $Pb_{5,7} > Zn_{5,3} > Ni_{5,2} > Cu_{5,0} > Mn_{4,4} > Cd_{2,0}$;

металлургический цех: $Ni_{11,6} > Cd_{11,5} > Cu_{7,3} > Zn_{6,8} > Pb_{5,4} > Mn_{1,9}$;

селитебно-транспортная зона: $Ni_{2,6} > Cu_{2,5} > Pb_{2,0} > Zn_{1,8} > Mn_{1,4} > Cd_{1,0}$;

рекреационная зона: $Pb_{4,0} > Cu_{2,9} > Ni_{2,6} > Zn_{2,5} > Mn_{2,3} > Cd_{1,0}$.

Для всех функциональных зон исследуемого района, кроме территории комплекса металлургического производства, максимальное содержание установлено для Ni, Pb, Zn и Cu. На территории металлургического цеха содержание циклических элементов в почвогрунтах на порядок выше, чем на аэродроме, испытательных площадках ракет-носителей и прилегающих к ним населенных пунктах. При этом отмечается аномально высокое содержание Cd (наиболее токсичного и подвижного элемента).

Повышение концентраций нитратов во всех точках отбора проб наблюдалось с момента интенсификации авиационно-космической деятельности (2012 г.), оно достигло максимума к 2015–2016 гг. Высокое содержание нитрат-ионов в почвогрунтах определяли на территориях испытательных площадок ракет-носителей и комплекса металлургического производства. Металлургическое производство – источник загрязнения почвогрунтов циклическими элементами, с которыми анионы образуют комплексные соединения, что снижает их миграционную способность и вымывание из верхних слоев в нижние горизонты. С 2013 г. на территории металлургического комплекса фоновое значение концентрации нитрат-ионов в верхнем слое почвогрунтов было превышено более, чем в 50 раз.

Специфический загрязнитель АРК – формальдегид был обнаружен в каждой отобранной пробе почвогрунтов на исследуемой территории, причем его содержание варьировалось в широких интервалах (0,2–28 $\Phi_{гр}$). Высокое содержание формальдегида в ПГ на территории аэродрома (28 $\Phi_{гр}$) и испытательного комплекса ракет-носителей (7 $\Phi_{гр}$) в 2015–2017 гг. отразилось на уровне загрязнения им всей территории АРК, в том числе близлежащих жилых поселков, рекреационной зоны, промышленных объектов, где концентрация формальдегида в почвогрунтах превышала предельно допустимую в 1,2–3 раза.

Оценка динамики экологической ситуации по общепринятому суммарному коэффициенту загрязнения депонирующих сред Z_c активно критикуется в научных исследованиях за низкую информативность [9; 18], что подтверждено и результатами геомониторинга территории АРК (табл. 2). Так как Z_c учитывает вклад контаминантов при превышении их фактической концентрации фоновой или предельно допустимой, то суммарное загрязнение отражает только содержание преобладающего контаминанта (в нашем случае керосина), при этом такие опасные соединения, как формальдегид и кадмий с концентрациями близкими к ПДК, не рассматриваются при оценке экологического состояния территории. Суммарные коэффициенты загрязнения почвогрунтов Z_c для территорий испытательных площадок ракет-носителей, рекреационной и промышленной зон имеют сопоставимые значения, а уровень загрязнения на протяжении 12 лет в период интенсификации деятельности авиационно-космических объектов во всех функциональных зонах, кроме склада горюче-смазочных материалов, соответствует допустимому. Показатель Z_c чувствителен только к развитию чрезвычайной ситуации, сложившейся на территории склада горюче-смазочных материалов во время его реконструкции при превышении ПДК керосина в ~20 раз (уровень загрязнения – умеренно опасный).

Для оценки загрязнения почвогрунтов территории АРК целесообразно рассчитывать не общепринятый, а уточненный суммарный показатель (S), который авторы статьи

рассматривают как информационное сообщение в двоичном коде о числе состояний геоэкологической системы, полученное в результате проведенных измерений концентраций контаминантов в почвогрунтах [16]. Уточненный суммарный показатель загрязнения сред учитывает все контаминанты при любых соотношениях фактической и предельно допустимой концентраций контаминантов. Снизу он ограничен величиной (-3). Сверху показатель не ограничен, что требует ограничения числа изучаемых контаминантов и разработки соответствующей шкалы ранжирования показателя, за основу которой взята градация В.Т. Трофимова [14]. Результаты расчета уточненного суммарного показателя для функциональных зон изученной территории представлены в табл. 2 и отображены на аналоговых картах (рис. 2).

Таблица 2

Интегральные показатели загрязнения почвогрунтов
Integral indicators of soil pollution

Точка отбора пробы	2007 г.		2012 г.		2017 г.		Ранг загрязнения*	
	Z _c	S	Z _c	S	Z _c	S	по Z _c	по S
<i>Зона авиационного и ракетного комплексов</i>								
Испытательный комплекс (стенд 1)	1,0	0,5	2,4	4,6	4,2	5,7	Д	ЭН → КК
Испытательный комплекс (стенд 2)	3	0,4	7,7	7,9	6,1	7,1		ТФ → КК
Взлетно-посадочная полоса	**	**	4,4	6,9	7,9	9,8		КК → НК
Склад ГСМ (аэродром)	**	**	7,3	9,3	24,4	25,8		Д → УО
<i>Промышленная зона</i>								
Автотранспортный цех	**	**	2,0	2,1	10,8	1,4	Д	ЭР → ЭН
Комплекс металлургического производства	2,0	1,4	7,5	8,9	10,6	13,6		ЭН → КК → НК
<i>Селитебно-транспортная зона</i>								
Воронежская атомная станция теплоснабжения (не действующая)	***	1,2	1,7	1	1,7	1,8	Д	ПФ → ТФ → ЭН
Пос. Малышево	***	1	***	0,1	1,3	0,4		
Пос. Шилово	***	1,3	1,5	0,5	1,6	0,8		
Испытательный комплекс (администрация)	1,0	1,7	2,8	1,8	3,2	2,9		ЭН → ЭР
Пос. Таврово	***	1,4	***	0,7	***	0,5		ПФ → ЭН
Пос. Семилукские Выселки	***	1,4	***	1,1	***	1,0		
<i>Рекреационная зона</i>								
Пос. «Сады»1	***	1,1	1,6	1,9	2,5	6,1	Д	ПФ → ЭН → КК
Пос. «Сады»2	1,1	0,6	1,1	0,7	10,8	11,6		ТФ → НК
Шиловский лес	0,1	0,9	3,1	2,0	2,6	1,6		ТФ → ЭК → ЭН
Испытательный комплекс (парковая зона)	***	1,4	0,8	1,4	0,3	0,4		ПФ → ЭН

Примечание: * Д – допустимый уровень; УО – умеренно опасный ПФ – природный фон; ТФ техногенный фон; ЭН – экологическая норма; ЭР – риск; КК – компенсированный кризис; НК – некомпенсированный; Б – бедствие; ** – нет данных; *** – невозможно рассчитать Z_c (все K_i < 1).

Так как на исследуемой территории источники загрязнения характеризуются достаточно широким спектром выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ (по токсичности и валовому содержанию), то уточненный суммарный показатель загрязнения почвогрунтов дает более адекватную оценку их влияния на здоровье людей и изменение экологической ситуации в целом. В отличие от Z_c он позволяет дифференцировать функциональные зоны по степени их загрязнения и отражает динамику изменения экологического состояния техногенно-нагруженных территорий в исследуемый период времени.

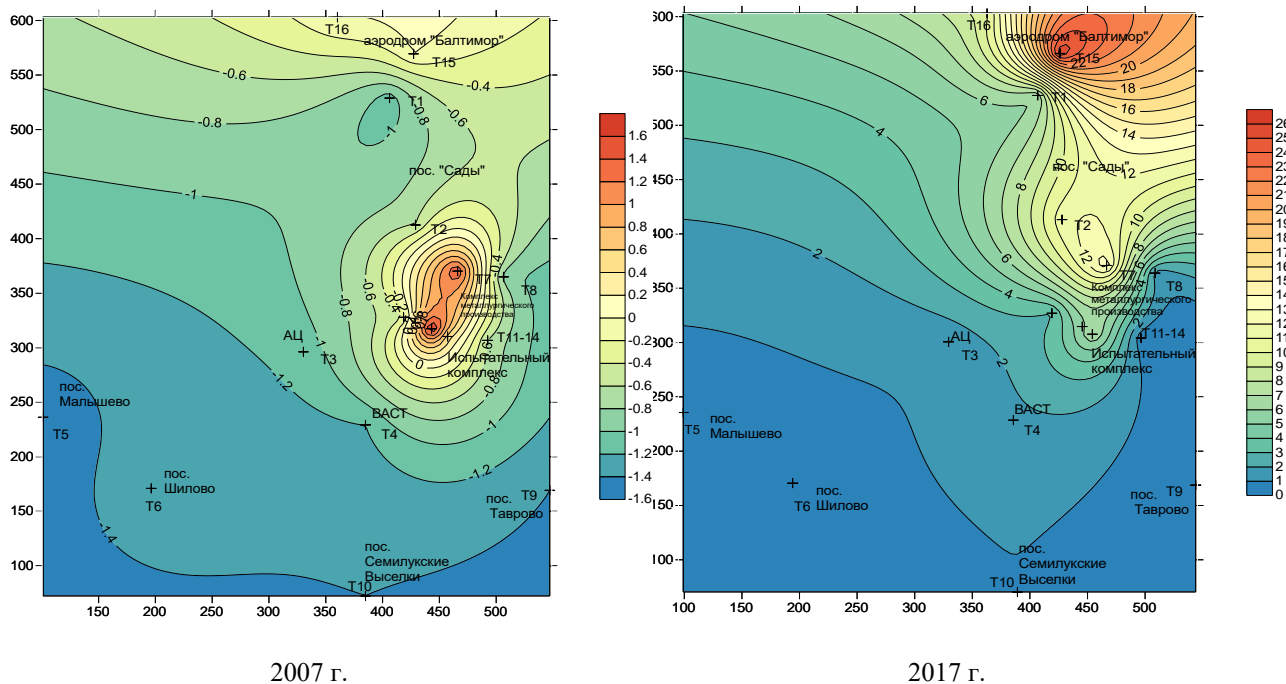


Рис. 2. Карты загрязнения АРК, построенные по уточненному показателю суммарного загрязнения почвогрунтов относительно ПДК

Fig. 2. Pollution maps constructed according to the adjusted index of total soil pollution compared to M_{ac}

Следует отметить, что вследствие высокой стоимости лабораторных анализов ежегодно сокращается перечень веществ, подлежащих обязательному контролю, а также снижается количество контролируемых точек. Построенные по контрольным точкам аналоговые карты выявили основные источники выбросов в разные годы геомониторинга, но они малоинформативны при оценке реальной экологической ситуации в селитебной и рекреационной зонах. Проведенные дополнительные испытания почвогрунтов на территории пос. «Сады», граничащего с аэродромом, комплексом металлургического производства и испытательным комплексом ракет-носителей, позволили определить экологически опасный участок, в котором уточненный суммарный коэффициент загрязнения почвогрунтов соответствует рангу «некомпенсированный кризис», что означает чрезвычайно высокое накопление контаминантов в организмах, приводящих к необратимым изменениям и их гибели, при этом изменение среды обитания и лечение позволяют только затормозить процессы [16].

Выводы

1. Анализ работ о рассеянии и трансформации контаминантов объектов авиационной и космической деятельности и собственные двенадцатилетние результаты исследования позволили выделить специфические (керосин и формальдегид) и неспецифические (рН почвогрунтов, циклические элементы, нитраты, нитриты) показатели загрязнения почвогрунтов АРК.

2. Доказана низкая информативность применения общепринятого суммарного коэффициента загрязнения депонирующих сред в условиях интенсивной и разнообразной химической нагрузки на почвогрунты АРК, когда ПДК контаминантов могут отличаться на несколько порядков, при этом наиболее токсичные из них не входят в результаты общепринятых расчетов.

3. Предложено применение уточненного суммарного показателя загрязнения почвогрунтов АРК, как информационного отклика экологической системы на внешнее воздействие, который позволяет с высокой точностью ранжировать почвогрунты АРК по уровню загрязнения и исследовать динамику их загрязнения во временном и территориальном планах.

4. Построенные аналоговые карты загрязнения почвогрунтов АРК и на их основе проведенные дополнительные полевые исследования позволили выделить наиболее экологически неблагоприятный участок селитебной зоны, требующий принятия решения по проведению экологических, медицинских и социальных мероприятий. В настоящее время отдельные зоны АРК находятся в ведении различных экологических организаций. Взаимный доступ к результатам исследований ограничен или отсутствует. Объединение зон кластера для геоэкологического мониторинга, выделение приоритетных загрязнителей, определение в различные годы основных источников выбросов по построенным картам суммарного загрязнения и экологически неблагоприятных зон требуют нового подхода к организации и управлению геомониторингом подобных кластеров. Головной организацией, имеющей право выносить предписания по проведению экологических, медицинских и социальных мероприятий на территориях АРК, может выступать Росприроднадзор [14].

5. Идентичность структуры авиационных и ракетных объектов; идентичность их обслуживающих промышленных комплексов и источников выбросов с одинаковыми приоритетными контаминантами, а также привязанность их расположения к селитебным и рекреационным зонам дают возможность выделить новый класс объектов геоэкологического мониторинга – авиационно-ракетный кластер.

Библиографический список

1. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей. Органические вещества / под ред. Н.В. Лазарева, Э.Н. Левиной. Л.: Химия, 1976. 592 с.

2. Голубева А.О. Анализ загрязнения приаэродромной территории на этапе «гонка двигателей» // Вестник Приамурского государственного университета им. ШоломАлейхема. 2013. №2(13). С. 9–14.

3. Доклад «О результатах и основных направлениях деятельности МЧС России на 2014 год и плановый период 2015-2016 гг.» // МЧС России URL: http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/PrtRVvSFeq.pdf (дата обращения: 17.01.2019).

4. Забелина О.Н., Феоктистова И.Д. Сравнительный анализ экологического состояния почвы урбанизированных территорий // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-11. С. 2456–2459.

5. Касимов Н.С., Кречетов П.П., Королева Т.В. Экспериментальное изучение поведения ракетного топлива в почвах // Доклады Российской Академии наук. 2006. Т. 408. №5. С. 668–670.
6. Коломыйц Э.Г., Розенберг Г.С., Глебова О.В. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ. М.: Наука, 2000. 286 с.
7. Кондратьев А.Д., Королева Т.В. Химико-аналитическое обеспечение экологического мониторинга ракетно-космической деятельности // Ползуновский вестник. 2015. №2. С. 117–121.
8. Кочетова Ж.Ю., Базарский О.В., Кучменко Т.А., Маслова Н.В. Экологические проблемы авиационно-ракетного кластера и оптимизация геомониторинга с применением пьезосенсорного датчика // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. №8. С. 32–38.
9. Кочетова Ж.Ю., Базарский О.В., Маслова Н.В. Сравнительный анализ интегральных показателей загрязнения почвогрунтов урбанизированных территорий приоритетными контаминантами // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. №1(25). С. 28–37.
10. Кричевский С.В. Основы экологической политики. М.: РАГС, 2009. 46 с.
11. Кузнецова И.А., Коркина И.Н., Ставищенко И.В., Черная Л.В., Чеботина М.Я., Холостов С.Б. К организации комплексного мониторинга состояния природной среды в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей на территории Северного Урала // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2012. Вып. 2(10). С. 57–68.
12. Маслова Н.В., Кочетова Ж.Ю., Данилов А.Н., Кучменко Т.А. Экологический мониторинг нефтепродуктов на территории химически опасного объекта с применением флешдетектора // Медицина экстремальных ситуаций. 2017. Т. 60. №2. С. 83–88.
13. Методическое пособие по организации и порядку отбора проб объектов производственной и природной среды для проведения анализа компонентов ракетных топлив и продуктов их деструкции. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2014. 158 с.
14. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования // Росприроднадзор. URL: <http://36.rpn.gov.ru/> (дата обращения: 07.02.2019).
15. Стратегия развития космической деятельности России до 2030 г. и на дальнейшую перспективу (проект) // Федеральное космическое агентство. URL: <http://knts.tsniimash.ru/> (дата обращения: 07.02.2019).
16. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Инженерная геология и экологическая экология: теоретико-методологические основы и взаимоотношение. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. 119с.
17. Фонова С.И. Научно-методический аппарат оценки геоэкологического риска загрязнения тяжелыми металлами в зоне автодорог первой категории: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. Воронеж, 2017. 26 с.
18. Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика) / под ред. И.И. Косиновой. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2015. 576 с.
19. Экологический мониторинг ракетно-космической деятельности. Принципы и методы / под ред. Н.С. Касимова, О.А. Шпигуна. М.: Рестарт, 2011. 469 с.
20. Kochetova Z.Y., Bazarskii O.V., Maslova N.V. Filtration of Heavy metals in Soils with Different Degrees of Urbanization and Technogenic Load // Russian Journal of General Chemistry. 2018. Vol. 88. no. 13. P. 2990–2996.

References

1. Lazarev, N.V. and Levina, N.V. (ed.) (1976), *Harmful substances in industry. Handbook for chemists, engineers and doctors. Organic compound*, "Khimiya", Leningrad, Russia.
2. Golubeva, A.O. (2013), "Analysis of pollution of the near-aerodrome territory at the stage of afterburner mode", *Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo universiteta im. Sholom Aleykhema*, no. 2(13), pp. 9–14.

3. The official site of EMERCOM of Russia (2014), “Report On the results and main activities of the EMERCOM of Russia for 2014 and the planning period 2015–2016”, available at: http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/PrtRV_vSFeq.pdf (Accessed 17 January 2019).
4. Zabelina, O.N. and Feoktistova, I.D. (2014), “Comparative analysis of the ecological state of the soil in urban areas”, *Fundamental'nye issledovaniya*, no. 9-11, pp. 2456–2459.
5. Kasimov, N.S., Krechetov, P.P. and Koroleva, T.V. (2006), “Experimental study of the behavior of rocket fuel in soil”, *Doklady Rossiyskoy Akademii nauk*, vol. 408, no. 5, pp. 668–670.
6. Kolomyts, E.G., Rozenberg, G.S. and Glebova, O.V. (2000), *Prirodnyy kompleks bol'shogo goroda: Landshaftno-ekologicheskii analiz* [Natural complex of the big city: Landscape-ecological analysis], Nauka, Moscow, Russia.
7. Kondrat'yev, A.D. and Koroleva, T.V. (2015), “Chemical and analytical support of environmental monitoring of rocket and space activities”, *Polzunovskiy vestnik*, no. 2, pp. 117–121.
8. Kochetova, Zh.Yu., Bazarskiy, O.V., Kuchmenko, T.A. and Maslova, N.V. (2018), “Environmental problems of aviation-rocket cluster and optimization of Geomonitoring using piezosensor sensor”, *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, vol. 22, no. 8, pp. 32–38.
9. Kochetova, Zh.Yu., Bazarskiy, O.V. and Maslova, N.V. (2018), “Comparative analysis of integrated indicators of soil pollution of urban areas with priority contaminants”, *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, no. 1(25), pp. 28–37.
10. Krichevskiy, S.V. (2009), *Osnovy ekologicheskoy politiki* [Environmental policy framework], RAGS, Moscow, Russia.
11. Kuznetsova, I.A., Korkina, I.N., Stavishenko, I.V., Chernaya, L.V., Chebotina, M.Ya. and Kholostov, S.B. (2012), “To the organization of complex monitoring of the state of the environment in the area of the fall of the separating parts of launch vehicles in the Northern Urals”, *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN*, vol. 2(10), pp. 57–68.
12. Maslova, N.V., Kochetova, Zh.Yu., Danilov, A.N. and Kuchmenko, T.A. (2017), “Environmental monitoring of petroleum products on the territory of a hazardous chemical facility with the use of flashdetective”, *Medsina ekstremal'nykh situatsiy*, vol. 60, no. 2, pp. 83–88.
13. *Methodical manual on the organization and procedure of sampling of objects of production and natural environment for the analysis of components of rocket fuels and products of their destruction* (2014), FGBU GNTs FMBTs im. A.I. Burnazyana, Moscow, Russia.
14. Official website of Rosprirodnadzor (2018), “Federal service for supervision of natural resources”, available at: <http://36.rpn.gov.ru/> (Accessed 07 February 2019).
15. Website of the Federal space Agency (2018), “Strategy for the development of space activities in Russia until 2030 and for the future (Project)”, available at: <http://knts.tsniimash.ru/> (Accessed 07 February 2019).
16. Trofimov, V.T. and Ziling, D.G. (1999), *Inzhenernaya geologiya i ekologicheskaya ekologiya: teoretiko-metodologicheskie osnovy i vzaimootnoshenie* [Engineering Geology and ecological ecology: theoretical and methodological basis and relationship], Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, Moscow, Russia.
17. Fonova, S.I. (2017), Scientific and methodological apparatus for assessing the geoecological risk of heavy metal pollution in the area of roads of the first category, Abstract of Ph.D. Dissertation, Voronezh state University, Voronezh, Russia.
18. Kosinova, I.I. (2015), *Ekologicheskaya geologiya krupnykh gornodobyvayushchikh rayonov Severnoy Evrazii (teoriya i praktika)* [Ecological Geology of large mining areas of Northern Eurasia (theory and practice)], in Kosinova, I.I. (ed.), Voronezh state University, Voronezh, Russia.
19. Kasimov, N.S. and Shpigun, O.A. (2011), *Ekologicheskii monitoring raketno-kosmicheskoy deyatel'nosti. Printsipy i metody* [Environmental monitoring of rocket and space activities. Principles and methods], in Kasimov, N.S. (ed.), Restart, Moscow, Russia.

20. Kochetova, Z.Y., Bazarskii, O.V. and Maslova, N.V. (2018), "Filtration of Heavy metals in Soils with Different Degrees of Urbanization and Technogenic Load", *Russian Journal of General Chemistry*, vol. 88., no. 13, pp. 2990–2996.

Поступила в редакцию: 07.02.2019

Сведения об авторе

About the author

Кочетова Жанна Юрьевна

кандидат химических наук, доцент кафедры физики и химии Военно-учебного научного центра Военно-воздушных сил, Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина; 394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 А

Zhanna Yu. Kochetova

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Physics and Chemistry of Military Educational and Scientific Center of the Air Force, N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy; 54 A, Staryh Bolshevikov St., Voronezh, 394064, Russia

e-mail: zk_vva@mail.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Кочетова Ж.Ю. Авиационно-ракетный кластер как новый класс объектов геоэкологического мониторинга // Географический вестник = Geographical bulletin. 2019. №3(50). С. 79–91. doi 10.17072/2079-7877-2019-3-79-91.

Please cite this article in English as:

Kochetova Z.Yu. Aviation-missile cluster as a new class of geoeological monitoring objects // Geographical bulletin. 2019. №3(50). P. 79–91. doi 10.17072/2079-7877-2019-3-79-91.

УДК 504.054

DOI: 10.17072/2079-7877-2019-3-91-101

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ГОРОДОВ И ДРУГИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ (на примере г. Астрахань)

Николай Сергеевич Шуваев

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1747-5822>, SPIN-код: 1469-3586

e-mail: shuvns@rambler.ru

Астраханский государственный университет, Астрахань

Любовь Сергеевна Русу

e-mail: rusulubser@gmail.com

Астраханский государственный университет, Астрахань