DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-28-36

УДК 504.53.054

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИОРИТЕТНЫМИ КОНТАМИНАНТАМИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF INTEGRATED INDICATORS OF POLLUTION OF SOILS OF URBANIZED TERRITORIES BY PRIORITY CONTAMINANTS

Кочетова Жанна Юрьевна[1],
кандидат химических наук, докторант, доцент, e-mail: zk_vva@mail.ru
Zhanna Yu. Kochetova [1], *C. Sc. in Chemistry*,
doctoral candidate, associate Professor
Базарский Олег Владимирович[1],
доктор физико-математических наук, профессор, e-mail: z_vaiu@mail.ru
Oleg V. Bazarskyi [1], D. Sc. in Physics and Maths, Professor
Маслова Наталья Владимировна[2],
кандидат химических наук, менеджер по качеству, химик-эксперт, e-mail: maslovanatvl@mail.ru
Natalya V. Maslova [2], C. Sc. in Chemistry, Quality Assurance Manager, consulting chemist

[1]Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, 394064, Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А»
[1]N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin Air Force Academy, 394064, Voronezh, st. Staryih Bolshevikov, 54 “A”
[2]ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 97 Федерального медико-биологического агентства России», 394009, Воронеж, ул. Ворошилова, 22
[2]FSBEI “Hygiene and Epidemiology Centre No. 97 of the Federal Medical Biological Agency of Russia”, 394009, Voronezh, st. Voroshilova, 22

Аннотация: *В статье дана краткая характеристика различных подходов к оценке суммарного загрязнения депонирующих сред. Представлены основные недостатки применения общепринятого коэффициента суммарного загрязнения почвогрунтов для оценки изменения экологической ситуации в условиях локального загрязнения значительно различающимися по опасности и содержанию контаминантами. Обоснована актуальность и возможность использования уточненного суммарного коэффициента загрязнения с точки зрения теории передачи информации; представлено ранжирование уточненного суммарного показателя загрязнения для различного количества приоритетных контаминантов. Проведен сравнительный анализ оценки экологической ситуации урбанизированной территории с применением классического и уточненного коэффициентов загрязнения. Коэффициенты рассчитаны для различных функциональных зон крупного промышленного центра, подверженных значительному техногенному воздействию со стороны аэродрома и испытательного комплекса ракетоносителей. Расчет коэффициентов проведен на основе данных одиннадцатилетнего экологического мониторинга приоритетных контаминантов (керосин, тяжелые металлы, формальдегид, нитраты). Сделан вывод о необходимости расчета уточненного суммарного показателя загрязнения почвогрунтов, как более точного, информативного и чувствительного к изменениям экологической ситуации в условиях разнообразного загрязнения депонирующих сред крупных промышленных центров.*

Abstract: *The article gives a brief description of different approaches to assessing the total contamination of the depositing environments. Presents the main disadvantages of the conventional ratio of total pollution of soils to assess changes in the ecological situation in terms of local pollution vastly different risk and content of the contaminants. The urgency and the possibility of using the updated total contamination factor from the point of view of the theory of information transmission; presents the ranking updated total pollution index for different numbers of priority contaminants. A comparative analysis of environmental assessment of the urban territory with the use of classic and refined rates of pollution. The coefficients calculated for the various functional areas of large industrial center, subject to significant anthropogenic impact from the side of the airfield and test complex*

of launch vehicles. The coefficient calculation conducted on the basis of 11-years environmental monitoring of priority contaminants (kerosene, heavy metals, formaldehyde, nitrates). The conclusion about the necessity of calculating the updated total pollution index of soils is provided, as a more accurate, informative and sensitive to changes of the environmental situation in terms of a variety of contamination depositing environments of large industrial centers.

Ключевые слова: *интегральный показатель загрязнения, уточненный показатель загрязнения, суммарный коэффициент загрязнения, почвогрунты, урбанизированная территория, экологический мониторинг, контаминанты.*

Key words: *integral index of pollution, adjusted index of pollution, the total rate of pollution, soils, urban areas, environmental monitoring, contaminants.*

Для оценки степени загрязнения почвогрунтов используют в основном два подхода. Первый способ оценки экологического состояния и устойчивости экосистем основан на методах учета отдельных диагностических показателей объектов окружающей среды (в том числе и почвогрунтов) с последующей их математической обработкой. При этом выполняются следующие этапы: выбор отдельных информативных показателей или их групп; составление бальной шкалы по каждому показателю; расчет интегрального показателя с учетом весовых коэффициентов; поведение градации рассчитанного интегрального показателя. Такой подход широко применяется для экологического картирования при оценке устойчивости почв к техногенной нагрузке [1, 2].

Второй способ заключается в построении и исследовании математических моделей (в частности с использованием теории нелинейных динамических систем), отражающих механизмы устойчивости почв к техногенным воздействиям. В основном модели используют для оценки плодородия сельскохозяйственных почв [3-5]. Построение математических моделей для урбанизированных территорий представляет собой крайне сложную задачу вследствие большого количества факторов воздействия, изменяющихся в широких интервалах. В условиях городской среды с разнородными по составу и масштабам источниками загрязнения такие модели малопригодны для практических целей.

В настоящее время общепринята оценка загрязнения почвогрунтов по суммарному коэффициенту Zc [6], которая позволяет охарактеризовать геохимические изменения, происходящие в почвогрунтах под воздействием антропогенных факторов:

$$Z_C = \sum_{i=1}^{n} K_i - (n-1),$$

где n – число приоритетных контаминантов; $K_i = C_i / C_{фi}$ – коэффициент концентраций, определяющий измеренную концентрацию C_i i-го компонента к фоновой концентрации этого контаминанта в регионе $C_{фi}$ ($C_i \geq C_{фi}$).

Этот показатель ограничен снизу значениями $Z_C = 1$ при любом числе n контаминантов для случая, когда все $K_i = 1$, но он не ограничен сверху. Недостатки показателя Z_C: 1) носит региональный характер; 2) не определяет влияния уровня загрязнения окружающей среды на человека. Для устранения этих недостатков предлагается считать коэффициент концентрации для антропогенного суммарного загрязнения Z_C^* с учетом предельно допустимой концентрации [7]:

$K_i = C_i$ / ПДК$_i$,

где ПДК$_i$ – предельно допустимая концентрация i-го контаминанта.

Однако, при этом выявляется другой недостаток: антропогенный показатель Z_C^* не ограничен снизу для случаев с $K_i \leq 1$. Во многих работах было предложено не учитывать эти случаи, так как они соответствовали контаминантам, концентрации которых меньше ПДК, при этом считалось, что загрязнение не влияет на человека [8 - 10]. С таким

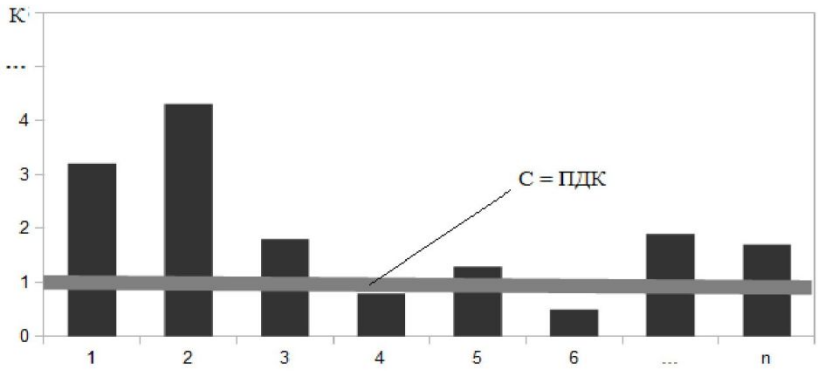


Рис. 1. Диаграмма состояний элементов сообщения
Fig. 1. State diagram of message elements

подходом сложно согласиться по следующим причинам: на больших географических территориях встречаются случаи как с $K_i > 1$, так и с $K_i \leq 1$. При этом число учитываемых контаминантов для различных функциональных зон территории может быть различно, что приводит к появлению неоднозначности в их сравнительном экологическом анализе. Не понятно почему, например, четыре контаминанта с $K_i = 1$ можно не учитывать, а с $K_i = 1{,}01$ учитывать необходимо. Кроме того, значения этих показателей, как правило, лежат в пределах погрешности измерений и возможно синергетическое взаимодействие контаминантов с $K_i \leq 1$.

Целью исследований является разработка антропогенного суммарного показателя загрязнения депонирующих сред, лишенного указанных противоречий.

Будем рассматривать антропогенный суммарный показатель загрязнения депонирующих сред, как информационное сообщение, полученное в результате проведенных экологических измерений [11]. Диаграмма состояний элементов сообщения представлена на рисунке 1. Информацию, полученную при проведении измерений концентраций контаминантов в почвогрунтах и водах, можно рассматривать как сообщение в двоичном коде о числе состояний геоэкологической системы:

$L = K^n$,

где n – количество источников информации (контаминантов); K – измеренное число состояний системы.

Количество информации в сообщении определяется выражением:

$I = \log_2 L = n \log_2 K$.

Тогда удельная информация, приходящаяся на один источник, или энтропия сообщения S может быть записана следующим образом:

$S = I / n = \log_2 K$.

Переход к энтропии необходим, так как в различных измерениях может быть задействовано различное число контаминантов n и сравнение может производиться только по удельной информативности сообщения. Среднее число состояний системы, приходящееся на один источник может быть записано следующим образом:

$$K = 2^{\sum_{i=1}^{n} K_i} / n,$$

где $K_i = C_i / \text{ПДК}_i$.

Тогда уточненный суммарный показатель загрязнения депонирующих сред имеет следующий вид:

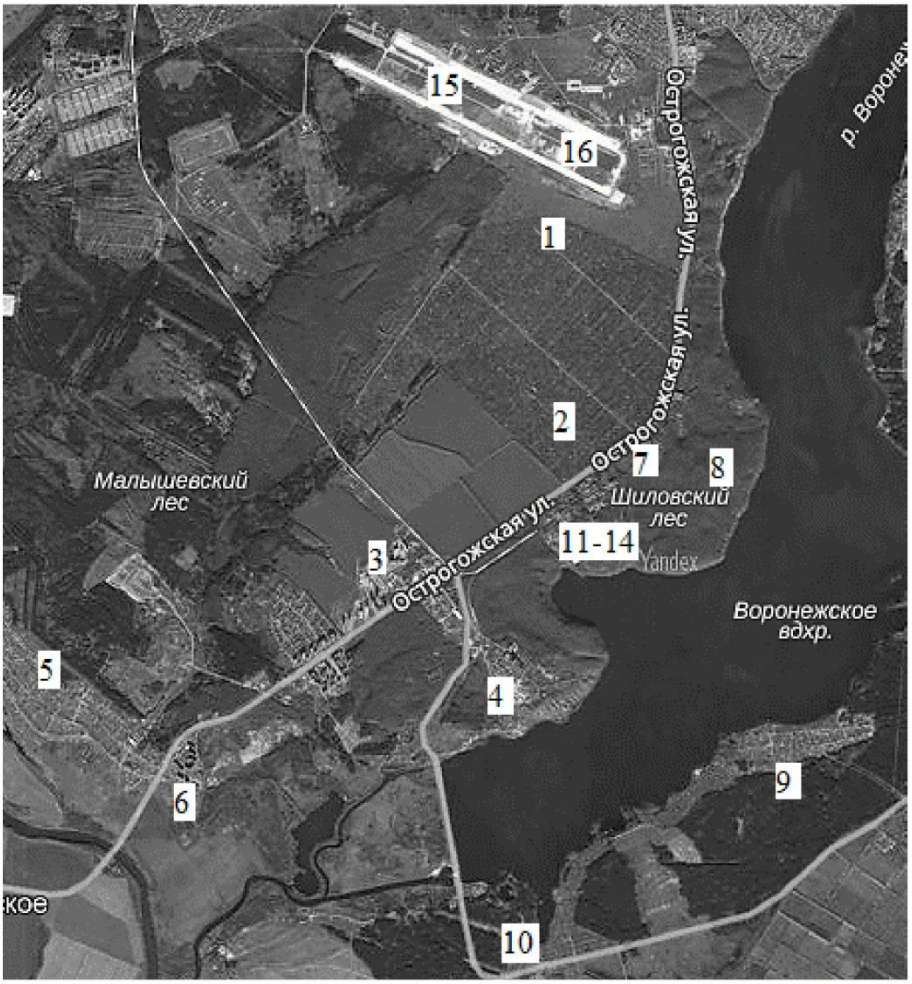
$$S = \log_2 K = \log_2 (2^{\sum_{i=1}^{n} K_i} / n) = \sum_{i=1}^{n} K_i - \log_2 n.$$

Таким образом, уточненный суммарный показатель загрязнения учитывает все контаминанты при любых значениях K_i. Снизу они ограничен величиной (-3). Сверху показатель не ограничен, что требует ограничения числа изучаемых контаминантов n и разработки соответствующей шкалы ранжирования показателя S [12]. Например, ограничимся числом приоритетных контаминантов n = 8 или n = 16. Значения показателя S для рассматриваемых вариантов представлены в таблице 1.

Начиная с ранга «норма», ширина каждого ранга соответствует 8 битам. Шкала заканчивается рангом «бедствие» при S>17 (n=8) и S>44 (n=16). Значения S для первого случая меньше за счет уменьшения числа элементов сообщения. Отметим антропогенную сущность рангов: в ранге «норма» четыре штатные системы выведения поступающих в организм человека контаминантов за время релаксации полностью выводят их из организма, человек находится в равновесии с окружающей средой. В ранге «риск» равновесие нарушается и

Таблица 1 - Ранжирование уточненного суммарного показателя загрязнения для 8 и 16 приоритетных контаминантов

n = 8		n = 16		Ранг
K_i	S	K_i	S	
1/16	-2,5	1/16	-3	Природный фон
1/8	-2	1/8	-2	
1/4	-1	1/4	0	Техногенный фон
1/2	1	1/2	4	
1	5	1	12	Норма
1,5	9	1,5	20	Экологический риск
2	13	2	28	Компенсированный кризис
2,5	17	2,5	36	Некомпенсированный кризис
>2,5	>17	>3	>44	Бедствие



1 - дачный поселок «Сады» - 800 м от взлетно-посадочной полосы; 2 - дачный поселок «Сады» - 1400 м от испытательного комплекса; 3 - Автотранспортный комплекс (АК); 4 - Воронежская атомная станция теплоснабжения (недействующая) - ВАСТ; 5 - поселок Малышево; 6 - поселок Шилово; 7 - комплекс металлургического производства - 20 м от цеха (КМП-20 м); 8 - комплекс металлургического производства - на территории Шиловского леса (КМП - 1800 м); 9 - поселок Таврово; 10 - поселок Семилукские Выселки; 11 - Испытательный комплекс (ИК1) - испытательный стенд №1; 12 - Испытательный комплекс - лесопарковая зона (ИК3); 13 - Испытательный комплекс (ИК2) - испытательный стенд №2; 14 - Испытательный комплекс - административные постройки (ИК4); 15 - 5 м от реконструируемой взлетно-посадочной полосы (ВПП); 16 - реконструируемый склад ГСМ

Рис. 2. Карта-схема авиационно-ракетного кластера и прилегающих территорий с точками отбора проб для химического анализа
Fig. 2. Map-scheme of aircraft-missile cluster and adjacent areas with sampling points for chemical analysis

включаются резервные низкопотенциальные системы выведения (волосы, слюна, ногти и др.). В ранге «компенсированный кризис» наблюдается значительное накопление вредных веществ в организме, компенсация может осуществляться за счет медикаментов или при смене среды обитания. При «некомпенсированном кризисе» возникают экологически обусловленные заболевания, а при «бедствии» популяция не может существовать длительное время без генетических изменений.

Для примера оценки загрязнения почвогрунтов приоритетными контаминантами с применением общепринятых интегрального (Z_c) и уточненного (S) показателей в работе представлены результаты одиннадцатилетнего мониторинга урбанизированной территории (г. Воронеж, Советский район), на которой расположены военный аэродром и испытательный комплекс ракетоносителей (рисунок 2) [13].

В качестве приоритетных контаминантов почвогрунтов авиационно-ракетного кластера (АРК) рассматривали 8 основных загрязнителей: керосин, тяжелые металлы (свинец, кадмий, никель, цинк, медь), формальдегид, нитраты [14]. При расчетах

Таблица 2 - Суммарный показатель загрязнения почвогрунтов приоритетными контаминантами с учетом их ПДК (ОДК)

Точка отбора пробы	Z_c			
	2007 г.	2012 г.	2017 г.	Категория загрязнения
АРК				
Т.11 ИК1	1	2,4	4,2	допустимая
Т.13 ИК2	1	7,7	6,1	допустимая
Т.15 ВПП	-	4,4	7,9	допустимая
Т16 Склад ГСМ	-	7,3	24,4	умеренно опасная
Промышленная зона				
Т.3 АК	-	2,0	10,8	допустимая
Т.7 КМП-20 м	2	7,5	10,6	допустимая
Селитебно-транспортная зона				
Т.4 ВАСТ	-	1,7	1,7	допустимая
Т.5 Пос. Малышево	-	-	1,3	допустимая
Т.6 Пос. Шилово	-	1,5	1,6	допустимая
Т.14 ИК4	3,0	2,8	3,2	допустимая
Т.9 Пос. Таврово	-	-	-	допустимая
Т.10 Пос. Семилукские Выселки	-	-	-	допустимая
Рекреационная зона				
Т.1 Пос. «Сады»-800 м	-	1,6	2,5	допустимая
Т.2 Пос. «Сады»-1400 м	1,1	1,1	10,8	допустимая
Т.8 Шиловский лес	0,1	3,1	2,6	допустимая
Т.12 ИК3	-	0,8	0,3	допустимая

суммарного коэффициента загрязнения почвогрунтов значения $K_{Ki} < 1$ не учитывали, как не влияющее на состояние загрязнения урбанизированной территории, в соответствии с методикой [7]. Полученные значения Z_c, представленные для трех лет (первый год наблюдения — минимальное загрязнение; 2012 г. - активная деятельность АРК и 2017 г. - текущее загрязнение экосистемы) [15], имеют положительное значение для любой функциональной зоны (таблица 2).

Преимуществом этого подхода является то, что для многих загрязняющих веществ известны ПДК (ОДК) и они не имеют территориальной привязки, что удобно при оценке загрязнения территорий в глобальных масштабах. Но, как видно из таблицы, подобная оценка не позволяет ранжировать степень загрязнения почвогрунтов для различных функциональных зон в пределах одного района города и проводить их сравнительный анализ как в территориальном плане, так и во временном. Полученные значения для территории опасного химического объекта, рекреационной и промышленной зон имеют сопоставимые значения; уровень загрязнения техногенно нагруженных грунтов города невозможно оценить правильно при концентрации загрязнителей приближенных к ПДК (прочерки в таблице). Исключение составляет значение, полученное для почвогрунтов на территории склада ГСМ в момент проводимой реконструкции, иными словами, только в случае угрозы развития чрезвычайной ситуации.

Такие результаты расчетов обусловлены тем, что данный способ не позволяет учитывать значения коэффициентов концентрации загрязняющих веществ меньших единицы, а также возможное синергетическое взаимодействие загрязнителей, когда их коэффициенты концентрации приближаются к единице. Поэтому, если одно из загрязняющих веществ существенно превышает ПДК (в нашем случае таким веществом является керосин), то картографическая информация определяет пространственный ареал распространения только этого вещества, а информация о других загрязнителях теряется.

Таблица 3 - Уточненный суммарный показатель загрязнения почвогрунтов приоритетными контаминантами с учетом их ПДК (ОДК)

Точка отбора пробы	*S*			
	2007 г.	2012 г.	2017 г.	Категория загрязнения
АРК				
Т.11 ИК1	0,5	4,6	5,7	экологическая норма →компенсированный кризис
Т.13 ИК2	-0,4	7,9	7,13	техногенный фон →компенсированный кризис
Т.15 ВПП	-	6,9	9,8	компенсированный кризис → некомпенсированный кризис
Т16 Склад ГСМ	-	9,3	25,8	некомпенсированный кризис → бедствие
Промышленная зона				
Т.3 АК	-	2,1	1,4	экологический риск → экологическая норма
Т.7 КМП-20 м	1,4	8,9	13,6	экологическая норма →компенсированный кризис → некомпенсированный кризис
Селитебно-транспортная зона				
Т.4 ВАСТ	-1,2	-1,0	1,8	природный фон → техногенный фон → экологическая норма
Т.5 Пос. Малышево	-1,5	0,1	0,4	
Т.6 Пос. Шилово	-1,3	0,5	0,8	
Т.14 ИК 4	1,7	1,8	2,9	экологическая норма → экологический риск
Т.9 Пос. Таврово	-1,4	0,7	0,5	природный фон →экологическая норма
Т.10 Пос. Семилукские Выселки	-1,4	1,1	1,0	
Рекреационная зона				
Т.1 Пос. «Сады»-800 м	-1,1	1,9	6,1	природный фон → экологическая норма → компенсированный кризис
Т.2 Пос. «Сады»-1400 м	-0,6	-0,7	11,6	техногенный фон →некомпенсированный кризис
Т.8 Шиловский лес	-0,9	2,0	1,6	техногенный фон → экологический риск → экологическая норма
Т.12 ИК3	-1,4	1,4	0,4	природный фон →экологическая норма

Так как на исследуемой территории источники загрязнения характеризуются достаточно широким спектром выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ, то уточненный суммарный показатель загрязнения почвогрунтов *S* дает более адекватную оценку их экологического состояния и, в отличие от Z_c, позволяет более точно дифференцировать функциональные зоны по степени их загрязнения. Кроме того, градация показателя позволяет изучить динамику экологического состояния техногенно нагруженных территорий в исследуемый период времени (таблица 3).

Наиболее неблагоприятная обстановка складывается на территории АРК: за 11 лет мониторинга почвогрунтов их состояние от техногенного фона или экологической нормы ухудшилось до кризисного, а на территории склада ГСМ из-за демонтажа старых и установки новых цистерн для хранения топлива в 2017 году сложилась ситуация экологи-

ческого бедствия. Для такого состояния экосистемы характерно катастрофическое изменение состояния литосферы и ее компонентов, вызывающее разрушение и гибель экосистем, при этом условия для жизнедеятельности человека на этой территории классифицируются как опасные.

При увеличении интенсивности деятельности Испытательного комплекса также наблюдается значительные изменения экологического состояния литосферы в районе испытательных площадок, однако за весь изученный период уровень загрязнения не выходил за пределы ранга «компенсированный кризис», который соответствует неудовлетворительному состоянию литосферы и ее компонентов.

Деятельность авиационно-ракетного кластера в наибольшей мере отразилась на рекреационной зоне, непосредственно прилегающей к аэродрому. За период наблюдения состояние экосистемы в дачном поселке изменилось от природного фона до некомпенсированного кризиса. В остальных точках отбора проб почвогрунтов рекреационной зоны складывается более благоприятная обстановка: на территории лесопарковой зоны Испытательного комплекса и Шиловского леса, прилегающего к комплексу металлургического производства, суммарное загрязнение почвогрунтов оценивается, как экологическая норма. Однако, на территории самого металлургического цеха наблюдается плавное изменение состояния экосистемы от экологической нормы до некомпенсированного кризиса, вызванное в первую очередь накоплением тяжелых металлов в поверхностном слое почвогрунтов (большого количества цинка и кадмия с низкими значениями ПДК).

Для территории транспортно-селитебной зоны установлены примерно одинаковые характеристики суммарного загрязнения почвогрунтов, не выходящие за границы экологической нормы. Исключение составляет зона административной застройки на территории испытательного комплекса, где по понятным причинам экологическая ситуация в настоящее время от экологической нормы ухудшилась до экологического риска.

Если сравнить значения логических характеристик суммарного загрязнения почвогрунтов, рассчитанных по стандартной методике (таблица 2) и с учетом уточненного индекса загрязнения (таблица 3), то отмечается слабая корреляция между отдельными точками наблюдения. Так, загрязнение почвогрунтов на территории испытательных стендов и склада ГСМ по первому варианту классифицируется как «допустимое» и «умеренно опасное» соответственно, в то время, как по второму - «компенсированный кризис» и «бедствие». Компенсированный кризис условно можно отнести к допустимому уровню загрязнения, в то время как сложившаяся ситуация на аэродроме не попадает под определение умеренно опасной. В то же время допустимыми считаются и загрязнения на территории селитебно-транспортной зоны, где в настоящее время уровень техногенной нагрузки на почвогрунты соответствует экологической норме. В связи с этим, для экологической оценки урбанизированной территории с многообразием техногенных факторов и широкими пределами варьирования их содержания в окружающей среде, необходимо проводить расчет по всем, даже находящимся значительно ниже своего ПДК (ОДК) загрязнителям.

Необходимо отметить, что при анализе локальных геоэкологических систем, находящихся в пределах городских агломератов и разделенных на функциональные зоны, более точным и чувствительным к малейшим изменениям показателем загрязнения почвогрунтов будет являться коэффициент концентрации, отнесенный не к ПДК, а к фоновым значениям контаминантов [10]. Этот подход на практике применяют ограничено из-за сложности определения техногенных фоновых значений загрязняющих веществ или из-за несовершенства и неполноты существующей базы фоновых концентраций основных контаминантов для разных регионов [16, 17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косинова, И. И. Техногенное преобразование природной среды территории г. Воронежа и его экологические последствия: монография / И. И. Косинова, Н. В. Крутских, Н. Р. Кустова. – М.: РГОТУПС, 2007. – 172 с.

2. Кочетова, Ж. Ю. Экомониторинг нефти и нефтепродуктов в объектах окружающей среды: монография. – Воронеж: Науч. изд. ВУНЦ ВВС ВВА, 2016. – 204 с.

3. Информационно-космические технологии для экологического анализа воздействий нефтедобычи на природную среду: аналит. обзор / Г. Н. Ерохин и др. – Новосибирск, 2003. – Вып. 71. – 98 с.

4. Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами: монография / Н. С. Огняник и др. – Киев: [А.П.Н.], 2006. – 278 с.

5. Полищук, Ю. М. Имитационно-лингвистическое моделирование систем с природными компонентами: монография. – Новосибирск: Изд-во «Наука», 1992. – 229 с.

6. Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика)

/ Под ред. И. И. Косиновой. - Воронеж: ВГУ, 2015. – 576 с.

7. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / Б. А. Ревич и др. – М.: ИМГРЭ, 1990.

8. Колесников, С. И. Проблемы, подходы и перспективы нормирования химического загрязнения почв / С. И. Колесников, М. Г. Жаркова // Современные проблемы загрязнения почв: Сборник материалов II Междунар. науч.-практич. конф. Т. 1. – М.: МГУ, 2007. – С. 384 – 388.

9. Джамбетова, П. М. Эколого-генетический мониторинг загрязнения окружающей среды нефтепродуктами: монография. – Грозный: Изд-во ЧГУ, 2012. – 110 с.

10. Дабахов, М. В. Экологическая оценка техногенно загрязненных почв урбанизированных территорий и промышленных зон г. Нижнего Новгорода: дисс. … докт. биол. наук (03.02.08 – Экология). - Н. Новгород, 2011. – 376 с.

11. Холево, А. С. Введение в квантовую теорию информации. – М.: МЦНМО, 2002. – 128 с.

12. Трофимов, В. Т. Инженерная геология и экологическая экология: теоретико-методологические основы и взаимоотношение / В. Т.Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 119 с.

13. Кочетова, Ж. Ю. Мониторинг содержания нефтепродуктов и азота в грунтах экологически опасного объекта и прилегающих к нему территорий / Ж. Ю. Кочетова, О. В. Базарский, Н. В. Маслова // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 10. – С. 83 – 89.

14. Вредные вещества в ракетно-космической отрасли: справочник / Под ред. В.В. Уйба. – М.: «ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 2011. – 408 с.

15. Экологический мониторинг нефтепродуктов на территории химически опасного объекта с применением флэш-детектора / Н. В. Маслова и др. // Медицина экстремальных ситуаций. – 2017. – Т. 60. - № 2. – С. 83 – 88.

16. Левшаков, Л. В. Нормирование содержания тяжелых металлов в почве / Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 4. – С. 50 – 53.

17. Подходы к нормированию качества окружающей среды. Законодательные и научные основы существующих систем экологического нормирования /Д. В. Рисник и др. // Успехи современной биологии. –2012. – Т. 132. – № 6. – С. 531 – 550.

.

REFERENCES

1. Kosinova I.I., Krutskih N.V., Kustova.N.R. Tehnogennoe preobrazovanie prirodnoj sredy territorii g. Voronezha i ego jekologicheskie posledstvija: monografija [Anthropogenic transformation of natural environment of the territory of the city of Voronezh and its environmental impact: monograph]. Moscow, RGOTUPS, 2007. 172 p. (in Russian).

2. Kochetova Zh. Ju. Ekomonitoring nefti i nefteproduktov v ob·ektah okruzhajushhej sredy: monografija [Environmental monitoring of oil and petroleum products in the environment: monograph]. Voronezh, Nauchnoe izdanir VUNC VVS VVA, 2016. 204 p. (in Russian).

3. Erohin G.N., Kopylov V.N., Polishhuk Ju. M., Tokareva O.S. Informacionno-kosmicheskie tehnologii dlja jekologicheskogo analiza vozdejstvij neftedobychi na prirodnuju sredu: analit. obzor [Information and space technologies for environmental analysis of the impacts of oil production on the natural environment: an analytical review]. Novosibirsk, 2003, vol. 71. 98 p. (in Russian).

4. Ognjanik N.S., Paramonova N.K., Briks A.L., Pashkovskij I.S., Konnov D.V. Osnovy izuchenija zagrjaznenija geodlogicheskoj sredy legkimi nefteproduktami: monografija [Foundations of the study of pollution of geological environment with petroleum products light: monograph]. Kiev, [A.P.N.], 2006. 278 p. (in Russian).

5. Polishhuk Ju. M. Imitacionno-lingvisticheskoe modelirovanie sistem s prirodnymi komponentami: monografija [Simulation-linguistic modelling of systems with natural components: monograph]. Novosibirsk, Izd. «Nauka», 1992. 229 p. (in Russian).

6. Ekologicheskaja geologija krupnyh gornodobyvajushhih rajonov Severnoj Evrazii (teorija i praktika) / under the editorship of I. I. Kosinova [Environmental Geology major mining regions of Northern Eurasia (theory and practice)]. Voronezh, VGU, 2015. 576 p. (in Russian).

7. Metodicheskie rekomendacii po ocenke stepeni zagrjaznenija atmosfernogo vozduha naselennyh punktov

metallami po ih soderzhaniju v snezhnom pokrove i pochve / under the editorship of Revich B.A. [Guidelines for the assessment of the degree of pollution of atmospheric air of populated localities metals on their content in snow cover and soil]. Moscow, IMGRJE, 1990. (in Russian).

8. Kolesnikov S.I., Zharkova M.G. Problemy, podhody i perspektivy normirovanija himicheskogo zagrjaznenija pochv [Problems, approaches and prospects for standardization of chemical soil pollution]. Sovremennye problemy zagrjaznenija pochv: Sbornik materialov II Mezhdunar. nauch.-praktich. Konf. [Modern problems of soil contamination: proceedings of the II Intern. scientific.-practical. Conf.]. Moscow, MGU, 2007. pp. 384 – 388. (in Russian).

9. Dzhambetova P.M. JEkologo-geneticheskij monitoring zagrjaznenija okruzhajushhej sredy nefteproduktami: monografija [Ecological and genetic monitoring of environmental pollution by petroleum products: monograph]. Groznyj, Izd-vo CHGU, 2012. 110 p. (in Russian).

10. Dabahov M.V. Ekologicheskaja ocenka tehnogenno zagrjaznennyh pochv urbanizirovannyh territorij i promyshlennyh zon g. Nizhnego Novgoroda: diss. … dokt. biol. nauk (03.02.08 – Jekologija) [Ecological assessment of technogenic contaminated soils in urbanized areas and industrial zones of the city of Nizhny Novgorod. Diss. ... doctor. Biol. Sciences (03.02.08 – Ecology)]. N. Novgorod, 2011. 376 p. (in Russian).

11. Holevo A.S. Vvedenie v kvantovuju teoriju informacii [Introduction to quantum information theory]. Moscow, MCNMO, 2002. 128 p. (in Russian).

12. Trofimov V.T., Ziling D.G. Inzhenernaja geologija i jekologicheskaja jekologija: teoretiko-metodologicheskie osnovy i vzaimootnoshenie [Engineering Geology and environmental ecology: theoretical and methodological foundations of a relationship]. Moscow, MGU, 1999. 119 p. (in Russian).

13. Kochetova Zh. Ju., Bazarskij O.V., Maslova N.V. Monitoring soderzhanija nefteproduktov i azota v gruntah jekologicheski opasnogo ob·ekta i prilegajushhih k nemu territorij [Monitoring the content of oil and nitrogen in soils to environmentally hazardous facilities and the adjacent territories]. Uspehi sovremennogo estestvoznanija [Successes of modern natural Sciences], 2017, no 10, pp. 83 – 89. (in Russian).

14. Vrednye veshhestva v raketno-kosmicheskoj otrasli: spravochnik / under the editorship of V.V. Ujba [Harmful substances in the aerospace industry: a Handbook]. Moscow, «FGBU FMBC im. A.I. Burnazjana» FMBA Rossii, 2011. 408 p. (in Russian).

15. Maslova N.V., Kochetova ZH.JU., Danilov A.N., Kuchmenko T.A. Ekologicheskij monitoring nefteproduktov na territorii himicheski opasnogo ob#ekta s primeneniem fljesh-detektora [Environmental monitoring of petroleum products on the territory of a hazardous chemical facility with the use of a flash detector]. Medicina jekstremal'nyh situacij [Medicine of emergency situations], 2017, vol. 60, no. 2, pp. 83 – 88. (in Russian).

16. Levshakov L.V. Normirovanie soderzhanija tjazhelyh metallov v pochve [Regulation of heavy metals content in soi]. Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii [Vestnik of Kursk state agricultural Academy], 2011, no. 4, pp. 50 – 53. (in Russian).

17. Risnik D.V., Beljaev S.D., Bulgakov N.G., Levich A.P. Podhody k normirovaniju kachestva okruzhajushhej sredy. Zakonodatel'nye i nauchnye osnovy sushhestvujushhih sistem jekologicheskogo normirovanija [Approaches to valuation of environmental quality. The legislative and scientific basis of existing systems of environmental regulation]. Uspehi sovremennoj biologii [Successes of modern biology], 2012, vol. 132, no. 6, pp. 531 – 550. (in Russian).

Поступило в редакцию 12.01.2018
Received 12.01.2018