

УДК 004.413.4:614.77:57.044
Научная специальность: 2.10.2
EDN: IPPBYK

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2025

Оценка риска от загрязнения почв тяжелыми металлами

Павлова Н.Н.*,
Крышев И.И.,
Сазыкина Т.Г.,
Крышев А.И.,
Косых И.В.,
Бурякова А.А.,

Научно-производственное
объединение «Тайфун»,
249038, Россия, Калужская
область, г. Обнинск,
ул. Победы, 4

Аннотация

Целью представленного в статье исследования является интегральная оценка загрязненности почв тяжелыми металлами на основе методологии анализа риска. Риски от загрязнения почв тяжелыми металлами рассчитываются на основе критериев, обеспечивающих сохранение благоприятной окружающей среды, с учетом пространственного масштаба, продолжительности и интенсивности воздействия загрязняющего вещества. В качестве критерия экологической безопасности (экологического критерия) используется ограничение содержания тяжелых металлов в почве уровнями, при соблюдении которых сохраняются основные экологические функции почвы, обеспечивается сохранение биологического разнообразия и устойчивое функционирование естественных экосистем, не нарушаются химические и физические функции почвы. Гигиеническим критерием является предельно допустимая (или ориентировочно допустимая) концентрация загрязнителя в почве. В целях сохранения благоприятной окружающей среды в качестве контрольного уровня содержания тяжелого металла в почве выбирается минимальное по экологическому и гигиеническому критериям значение. Для оценки риска от химического загрязнения почв тяжелыми металлами используются следующие показатели: индекс риска, равный отношению содержания тяжелых металлов в почве к контрольному уровню; индекс опасности, представляющий собой сумму отношений наблюдаемых концентраций тяжелых металлов в почве к соответствующим контрольным уровням; обобщенный показатель риска, являющийся интегральным показателем оценки загрязнения почв тяжелыми металлами. Показатели риска рассчитываются на основе данных мониторинга содержания тяжелых металлов в почве на территории обследования. Результаты оценки риска позволяют выполнить ранжирование уровней загрязнения почвы тяжелыми металлами, рационально организовать мониторинг на территории обследования, оптимизировать защитные меры с целью сохранения благоприятной окружающей среды.

Ключевые слова: экологический риск; экологическая безопасность; химическое загрязнение почв; тяжелые металлы; мониторинг загрязнения почв; контрольный уровень; обобщенный показатель риска.

Для цитирования: Павлова Н.Н., Крышев И.И., Сазыкина Т.Г., Крышев А.И., Косых И.В., Бурякова А.А. Оценка риска от загрязнения почв тяжелыми металлами // Проблемы анализа риска. 2025. Т. 22. № 3. С. 38–47. — EDN: IPPBYK.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Assessment of the Risk From Soil Pollution by Heavy Metals

Nadezhda N. Pavlova,
Ivan I. Kryshev,
Tatyana G. Sazykina,
Alexander I. Kryshev,
Irina V. Kosykh,
Anna A. Buryakova,
Research and Production
Association «Typhoon»,
Pobedy Str., 4, Obninsk,
Kaluga region, 249038, Russia

Abstract

The purpose of the research presented in the article is an integrated assessment of soil contamination with heavy metals based on the methodology of risk analysis. The risks from soil pollution by heavy metals are calculated based on criteria that ensure the preservation of a favorable environment, taking into account the spatial scale, duration and intensity of exposure to pollutants. As a criterion of ecological safety (ecological criterion), the limitation of the content of heavy metals in the soil is used to levels that preserve the basic ecological functions of the soil, ensure the conservation of biological diversity and the sustainable functioning of natural ecosystems, and do not disrupt the chemical and physical functions of the soil. The hygienic criterion is the maximum permissible (or approximately permissible) concentration of a contaminant in the soil. In order to preserve a favorable environment, the minimum value according to environmental and hygienic criteria is selected as the reference level of heavy metal content in the soil. To assess the risk from chemical contamination of soils with heavy metals, the following indicators are used: the risk index, equal to the ratio of the content of heavy metals in the soil to the control level; the hazard index, which is the sum of the ratios of the observed concentrations of heavy metals in the soil to the corresponding control levels; a generalized risk indicator, which is an integral indicator for assessing soil contamination with heavy metals. Risk indicators are calculated based on data from monitoring the content of heavy metals in the soil in the survey area. The results of the risk assessment make it possible to rank the levels of soil contamination with heavy metals, rationally organize monitoring in the survey area, and optimize protective measures in order to preserve a favorable environment.

Keywords: environmental risk; environmental safety; chemical pollution of soils; heavy metals; monitoring of soil pollution; reference level; generalized risk indicator.

For citation: Pavlova N.N., Kryshev I.I., Sazykina T.G., Kryshev A.I., Kosykh I.V., Buryakova A.A. Assessment of the risk from soil pollution by heavy metals // *Issues of Risk Analysis*. 2025;22(3):38–47. (In Russ.). — EDN: IPPBYK.

The authors declare no conflict of interest

Содержание

Введение
1. Методология анализа риска
2. Показатели оценки экологического риска
Заключение
Список источников

Введение

В связи с загрязнением окружающей среды тяжелыми металлами в результате деятельности предприятий различных отраслей промышленности, возникает необходимость в оценке этого воздействия на экологическую безопасность почвы как природного компонента, имеющего ведущую роль в функционировании биосферы.

Существующая система регламентации техногенной нагрузки на компоненты окружающей среды в основном базируется на санитарно-гигиенических нормативах, направленных на обеспечение безопасности человека.

Ключевым элементом обеспечения экологической безопасности является государственный мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Одна из важных задач такого мониторинга — оценка загрязнения почвы тяжелыми металлами и анализ данных регулярных наблюдений в целях своевременного выявления изменений состояния окружающей среды, а также оценка и прогноз этих изменений¹.

Информативным методом интегральной оценки степени загрязнения компонентов природной среды является расчет показателей риска для окружающей среды.

Преимуществом методологии оценки риска является разработка единого интегрального показателя, позволяющего объективно проанализировать степень опасности загрязненности почв при воздействии тяжелых металлов различной токсичности и ранжировать территории с учетом уровня загрязненности для принятия управленческих решений по использованию земель и проведению различных природоохранных мероприятий.

Для оценки риска от загрязненности почв тяжелыми металлами используются данные мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды.

1. Методология анализа риска

Интегральный показатель загрязненности почвы тяжелыми металлами рассчитывается на основе методологии анализа риска с учетом критериев, обеспечивающих сохранение благоприятной окружающей среды.

В качестве критерия экологической безопасности (экологического критерия) используется ограничение содержания тяжелых металлов в почве уровнями, при

соблюдении которых сохраняются основные экологические функции почвы и не нарушаются ее химические и физические свойства. Пример обобщенных оценок контрольных уровней содержания тяжелого металла (КУТМ) в почве по данным [1–6] приведен в табл. 1. При наличии информации о региональных значениях КУТМ рекомендуется использовать местные данные с учетом типа почв и экологических особенностей региона. Например, для почв юга России лучше использовать данные, опубликованные в статьях С. И. Колесникова с соавт. [1, 2].

Таблица 1. Значения контрольных уровней содержания химических загрязнителей в почве, обеспечивающих сохранение ее экологических функций

Table 1. Values of control levels of chemical pollutants in the soil, ensuring the preservation of its ecological functions

Элемент	Значение КУТМ, мг/кг
Cd	2,5
Co	55
Cr	102
Cu	79
Hg	1
Mn	1010
Ni	74
Pb	83
Zn	163

В качестве гигиенического критерия используется ограничение содержания тяжелых металлов в почве нормативами ПДК и ОДК².

Для оценки риска от химического загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ) используются следующие показатели:

- индекс риска (ИР), равный отношению содержания ТМ в почве к контрольному уровню, при превышении которого обеспечивается сохранение благоприятной окружающей среды;
- индекс опасности (ИО), интегральный показатель загрязнения почвы тяжелыми металлами, представляющий собой сумму отношений наблюдаемых концентраций тяжелых металлов в почве к соответствующим контрольным уровням;

² СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

¹ ФЗ РФ от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

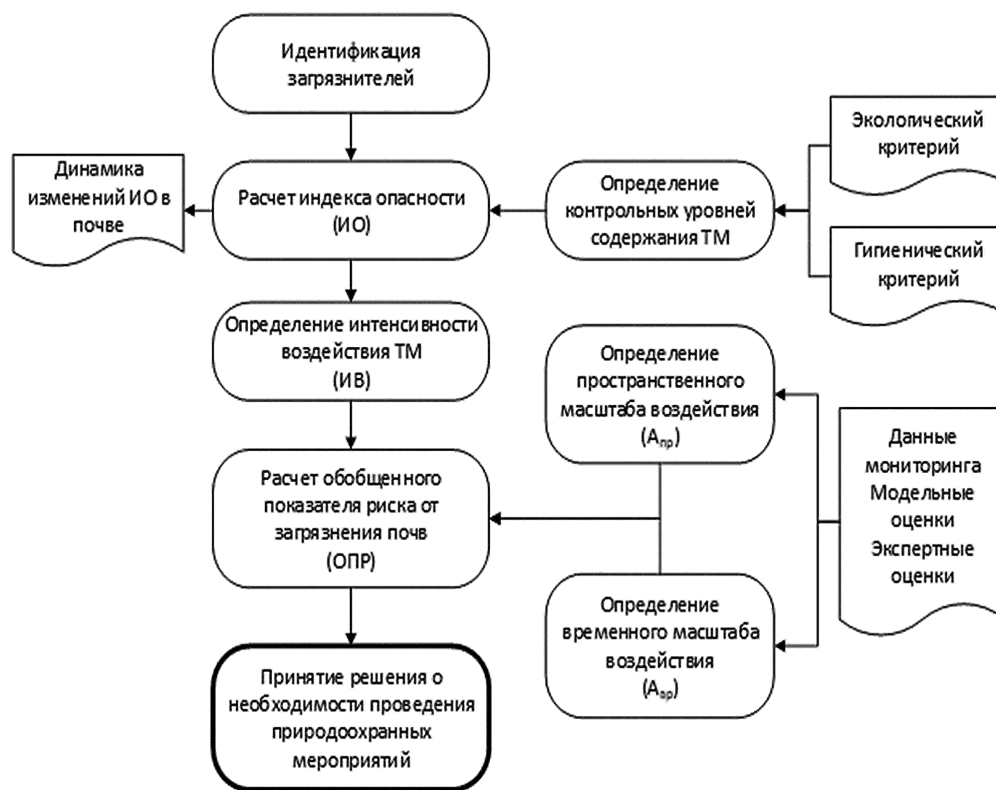


Рис. 1. Порядок оценки обобщенного показателя риска от загрязнения почв тяжелыми металлами

Figure 1. The procedure for assessing the generalized risk indicator from soil pollution by heavy metals

- обобщенный показатель риска (ОПР) на территории обследования, являющийся интегральным показателем оценки загрязнения почв ТМ с учетом пространственного масштаба, продолжительности и интенсивности воздействия на компоненты природной среды.

ОПР используется для интегральной оценки загрязнения почв ТМ по данным мониторинга и экспертным оценкам с учетом пространственного масштаба, продолжительности и интенсивности воздействия. Порядок оценки обобщенного показателя риска от загрязнения почв тяжелыми металлами представлен на рис. 1.

Оценка риска от загрязнения почв ТМ является составной частью анализа данных мониторинга.

2. Порядок расчета показателей экологического риска

В целях сохранения благоприятной окружающей среды в качестве КУТМ в почве выбирается минимальное из значений по экологическому и гигиеническому критериям.

Выбор КУТМ при сравнении экологического и гигиенического критериев производится с использованием валового содержания ТМ в почве [7].

Экологическим критерием является концентрация ТМ, при которой не происходит существенного нарушения биологических, физико-химических свойств почвы и ее экологических функций [1–6].

Если на территории обследования выявлено несколько тяжелых металлов, то необходимо определить индекс опасности (ИО):

$$ИО = \sum_i \frac{C_i}{КУТМ_i}. \quad (1)$$

На основе анализа результатов расчетов ИО и их многолетней динамики формулируются выводы о современном состоянии и изменении содержания ТМ в почве обследуемой территории по критерию сохранения благоприятной окружающей среды.

При расчете ОПР учитываются следующие параметры [6, 8–10]:

- пространственный масштаб;
- временной масштаб;
- интенсивность воздействия загрязнения почвы

ТМ.

Каждый из этих параметров оценивается по специальной шкале (табл. 1–3).

ОПР от загрязнения почв ТМ, безразмерный и рассчитывается по формуле:

$$\text{ОПР} = A_{\text{пр}} \cdot A_{\text{вр}} \cdot A_{\text{инв}}, \quad (2)$$

где:

$A_{\text{пр}}$ — коэффициент, учитывающий пространственный масштаб загрязнения территории ТМ, безразмерный;

$A_{\text{вр}}$ — коэффициент, учитывающий временной масштаб воздействия ТМ, безразмерный;

$A_{\text{инв}}$ — коэффициент, учитывающий интенсивность воздействия ТМ на компоненты почвы, безразмерный.

Определение пространственного масштаба воздействия ТМ на почвы проводится на основе данных мониторинга, модельных или экспертных оценок по следующим категориям:

- локальное воздействие в районе размещения источника загрязнения на территории площадью не более 10 км²;
- местное воздействие в районе размещения источника загрязнения на территории площадью от 10 до 100 км² включительно;
- региональное воздействие за пределами района размещения источника загрязнения на территории площадью свыше 100 км².

Шкала оценки пространственного масштаба $A_{\text{пр}}$ воздействия ТМ на почву представлена в табл. 2. При невозможности определить площадь воздействия при оценке пространственного масштаба консервативно выбирается максимальный балл. Определение продолжительности воздействия тяжелых металлов на почвы $A_{\text{вр}}$ проводится на основе данных мониторинга, модельных или экспертных оценок по следующим категориям:

- кратковременное воздействие продолжительностью не более одного месяца;
- воздействие средней продолжительности на протяжении от одного месяца до одного года включительно;
- продолжительное воздействие в период времени более одного года.

Таблица 2. Шкала оценки пространственного масштаба воздействия ТМ

Table 2. Scale of assessment of the spatial scale of HM impact

Воздействие	Пространственные границы воздействия (км ² или км)		Значение $A_{\text{пр}}$, балл
Локальное воздействие	площадь воздействия до 10 км ²	воздействие на удалении до 1 км от источника загрязнения	1
Местное воздействие	площадь воздействия от 10 до 100 км ²	воздействие на удалении от 1 до 10 км от источника загрязнения	2
Региональное воздействие	площадь воздействия более 100 км ²	воздействие на удалении более 10 км от источника загрязнения	3

Шкала оценки временного масштаба воздействия ТМ, содержащихся в почве, представлена в табл. 3. При невозможности определить продолжительность воздействия загрязнителя консервативно выбирается максимальный балл.

Определение интенсивности воздействия $A_{\text{инв}}$ ТМ на состояние почв проводится на основе расчетных оценок ИО с использованием данных мониторинга по следующим категориям:

- незначительное воздействие при уровнях содержания ТМ в почве, не отличающихся значимо от фоновых значений;
- слабое воздействие при ИО ≤ 8 ;
- умеренное воздействие при ИО $8 < \text{ИО} \leq 27$;
- сильное воздействие при $27 < \text{ИО} \leq 64$.

Шкала оценки интенсивности воздействия ТМ $A_{\text{инв}}$ на экологические функции почв представлена в табл. 4 [6, 8].

В целях интерпретации ОПР для интегральной оценки воздействия ТМ, содержащихся в почве, с учетом пространственного масштаба, продолжительности и интенсивности воздействия используются категории, представленные в табл. 5.

Результаты оценки риска от загрязнения почв ТМ применяются при выработке и принятии решений о необходимости проведения природоохранных мероприятий для обеспечения экологической безопасности окружающей среды.

По данным многолетнего мониторинга была проведена оценка загрязнения почв ТМ в районе

Таблица 3. Шкала оценки временного масштаба (продолжительности) воздействия

Table 3. Scale of assessment of the time scale (duration) of the impact

Воздействие	Временной масштаб воздействия	Значение $A_{вр}$, балл
Кратковременное	Не более одного месяца	1
Средней продолжительности	от одного месяца до одного года включительно	2
Продолжительное	Свыше одного года	3

расположения филиала АО «Уралэлектромедь» (г. Кировград Свердловской области). На обследованной территории определяли содержание в почве Pb, Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Co³. На первом этапе был рассчитан индекс опасности (ИО) (см. табл. 6). По данным расчета, основной вклад в загрязнение почвы в районе расположения филиала АО «Уралэлектромедь» вносят медь, цинк, свинец и кадмий.

Была проведена оценка ОПР в районе расположения филиала АО «Уралэлектромедь». Результаты (см. рис. 2) показывают, что за весь период наблюдений почвы в районе расположения филиала АО «Уралэлектромедь» подвергаются сильному воздействию ТМ.

Для оценки состояния почв на территориях с разным уровнем содержания ТМ было проведено сравнение значений ОПР в районе расположения АО «Самарский металлургический завод» (участок многолетних наблюдений УМН-1) и пункта многолетних наблюдений (ПМН) г. Ревда Свердловской области, который находится в зоне влияния АО «Среднеуральский медеплавильный завод» (АО «СУМЗ»)⁴. По результатам оценки (см. рис. 3), почвы УМН-1 в районе расположения АО «Самарский металлургический завод» подвергаются слабому воздействию от деятельности предприятия, ПМН г. Ревда — умеренному (2016 г., 2019 г.) и сильному воздействию (2012 г., 2022 г.) в разные годы наблюдений.

³ Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения: Ежегодники (1994–2024) / Росгидромет, НПО «Тайфун», Обнинск.

⁴ Там же.

Таблица 4. Шкала оценки интенсивности воздействия при загрязнении почв ТМ

Table 4. Scale for assessing the intensity of exposure to HM soil pollution

Воздействие	Интенсивность воздействия	Значение ИВ	
Незначительное воздействие	Изменения экологических функций почвы не превышают пределы естественной изменчивости	Концентрации ТМ в почве не отличаются значительно от фоновых значений	1
Слабое воздействие	Возможно превышение пределов естественной изменчивости экологических функций почвы, экологические функции почвы самовосстанавливаются	$1 < ИО \leq 8$	2
Умеренное воздействие	Возможны нарушения отдельных экологических функций почвы, сохраняется способность к ее восстановлению	$8 < ИО \leq 27$	3
Сильное воздействие	Возможны значительные нарушения экологических функций почвы, потеря способности к восстановлению	$27 < ИО \leq 64$	4

Таблица 5. Оценка уровня влияния источника загрязнения на окружающую среду по значению ОПР и необходимости проведения природоохранных мероприятий

Table 5. Assessment of the impact of the source of pollution on the environment by the value of generalized risk indicator and the need for environmental protection measures

Воздействие	Значение ОПР	Мероприятия
Незначительное	Не более 10	Не требуется проведение природоохранных мероприятий по обеспечению безопасности окружающей среды
Слабое	Св. 10 до 20 включительно	Оценивается влияние природных и техногенных факторов на экологическую обстановку территории путем сопоставления значений ОПР, рассчитанных по данным мониторинга на территории обследования и фоновом участке
Умеренное	Св. 20 до 30 включительно	Рекомендуется проведение дополнительных исследований по снижению неопределенности в оценках риска.
Сильное	Св. 30	Оценивается необходимость проведения природоохранных мероприятий с учетом экологических, технологических и экономических факторов

Таблица 6. Результаты расчетов индекса опасности (ИО) по данным мониторинга загрязнения почв тяжелыми металлами

Table 6. Results of calculations of the hazard index based on monitoring data on soil pollution by heavy metals

Место отбора проб: направление, расстояние от источника загрязнения	Год наблюдения	Значение ИО	Вклад в ИО наиболее значимых ТМ: ТМ, %			
			Cu	Zn	Pb	Cd
Филиал АО «Уралэлектромедь», зона радиусом 0–5 км вокруг источника	1993	18	32	22	13	17
	1998	23	41	30	10	10
	2003	33	34	29	12	13
	2008	29	43	26	10	12
	2013	28	38	30	12	11
	2018	30	40	27	12	13
	2023	28	39	25	13	9

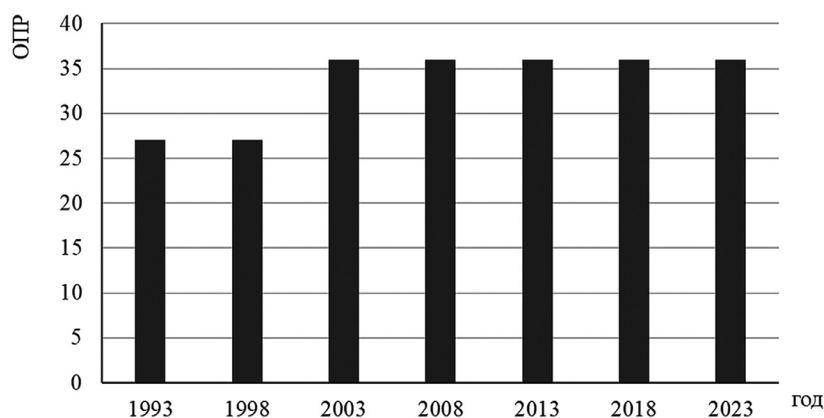


Рис. 2. Оценка риска от загрязнения почв тяжелыми металлами в районе расположения филиала АО «Уралэлектромедь»

Figure 2. Assessment of the risk of soil contamination with heavy metals in the areas of «Uralelectromed»

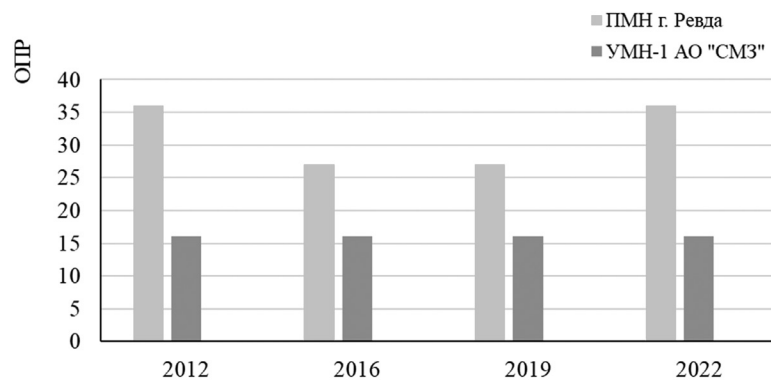


Рис. 3. Оценка риска от загрязнения почв тяжелыми металлами в районах расположения металлургических предприятий Самарской (АО «СМЗ») и Свердловской (АО «СУМЗ») областей.

Figure 3. Assessment of the risk of soil contamination with heavy metals in the areas of metallurgical plants in the Samara and Sverdlovsk regions.

Заключение

Представленный метод расчета интегральной оценки загрязненности почвы тяжелыми металлами разработан с учетом требований нормативных документов Российской Федерации. Предложен порядок интегральной оценки загрязненности почвы тяжелыми металлами на основе методологии анализа риска с учетом контрольных уровней содержания тяжелых металлов в почвах, не превышение которых обеспечивает сохранение благоприятной окружающей среды.

Интегральная оценка загрязненности почв тяжелыми металлами на основе методологии анализа риска может быть использована для:

- анализа и оценки состояния почв обследованных территорий субъектов Российской Федерации по данным мониторинга с учетом требований в области охраны окружающей среды (природоохранных требований);
- получения объективной информации о степени загрязненности почв обследованных территорий тяжелыми металлами и ее интерпретации на основе природоохранных критериев;
- сравнения рисков от радиоактивного и химического загрязнения почв.

Таким образом, результаты оценки риска позволяют рационально организовать мониторинг на территории обследования, оптимизировать защитные меры с целью сохранения благоприятной окружающей среды. Предложенный подход интегральной оценки загрязненности почв может быть применен для более широкого спектра токсикантов, для которых

установлены экологические критерии (в форме нормативов или результатов научных исследований) по содержанию в почвах.

Список источников [References]

1. Колесников С. И., Казеев К. Ш., Денисова Т. В., Даденко Е. В. Разработка региональных экологических нормативов содержания загрязняющих веществ в почвах юга России // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 82(08) [Электронный ресурс] <http://ej.1gb.ru/2012/08/pdf/73.pdf> [Kolesnikov S. I., Kazeev K. Sh., Denisova T. V., Dadenko E. V. Development of a regional ecological regulations of content of contaminants in soils of southern Russia // Scientific Journal KubSAU. 2012;(82(08)): [Electronic resource] <http://ej.1gb.ru/2012/08/pdf/73.pdf> (In Russ.)]
2. Колесников С. И., Вернигорова Н. А., Кузина А. А. и др. Пределы устойчивости почв и экосистем Крыма к загрязнению тяжелыми металлами // Экология и промышленность России. 2019. № 10. С. 56–60. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-10-56-60> [Kolesnikov S. I., Vernigorova N. A., Kuzina A. A. [et al.] The limits of resistance of soils and ecosystems of Crimea to heavy metals pollution // Ecology and Industry of Russia. 2019;(10):56–60. (In Russ.) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-10-56-60>]
3. Carlon C. (Ed.) Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, 2007. EUR22805-EN. 306 p.
4. Семенов И. Н., Королева Т. В. Международные системы нормирования содержания химических элементов

- в почвах: принципы и методы (обзор) // Почвоведение. 2019. № 10. С. 1259–1268.
<https://doi.org/10.1134/S0032180X19100101> [Semenkov I. N., Koroleva T. V. International environmental legislation on the content of chemical elements in soils: guidelines and schemes // Pochvovedenie. 2019;(10):1259–1268. (In Russ.).
<https://doi.org/10.1134/S0032180X19100101>]
5. Семенков И. Н., Королева Т. В. Нормативы содержания химических элементов в почвах функциональных зон городов (обзор) // Почвоведение. 2022. № 1. С. 96–105.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X22010105> [Semenkov I. N., Koroleva T. V. Guideline values for the content of chemical elements in soils of urban functional zones: a review // Pochvovedenie. 2022(1):96–105. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S0032180X22010105>]
 6. Р 52.18.941-2025 Интегральная оценка загрязненности почв тяжелыми металлами на основе методологии анализа риска. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2025. 28 с. [Recommendations of Roshydromet R52.18.941-2025. Integrated assessment of soil contamination with heavy metals based on risk analysis methodology. Obninsk: RPA «Typhoon», 2025. 28 p. (In Russ.)]
 7. Колесников С. И. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков. Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2006. 385 с. ISBN 5-7509-1201-9. [Kolesnikov S. I. Ecological state and functions of soils under conditions of chemical pollution / S.I. Kolesnikov, K. Sh. Kazeev, V. F. Valkov. Rostov-on-Don: Rostizdat, 2006. 385 с. ISBN 5-7509-1201-9. (In Russ.)]
 8. Методические указания по проведению оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду. Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан. Астана. 2010. 73 с. [Methodological guidelines for assessing the impact of economic activity on the environment. Ministry of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan. Astana. 2010. 73 p. (In Russ.)]
 9. Р 52.18.923-2022 Порядок оценки риска от радиоактивного загрязнения окружающей среды по данным мониторинга радиационной обстановки. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун». 2022. 28 с. [Recommendations of Roshydromet R52.18.923-2022. The procedure for assessing the risk of radioactive contamination of the environment according to the monitoring of the radiation situation. Obninsk: RPA «Typhoon». 2022. 28 p. (In Russ.)]
 10. Крышев И. И., Павлова Н. Н., Сазыкина Т. Г., Крышев А. И., Косых И. В., Бурякова А. А., Росновская Н. А. Оценка экологического риска от радиоактивного загрязнения окружающей среды // Проблемы анализа риска. 2023. Т. 20. № 3. С. 10–26.
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-3-10-26> [Kryshch I. I., Pavlova N. N., Sazykina T. G., Kryshch A. I., Kosykh I. V., Buryakova A. A., Rosnovskaya N. A. Assessment of environmental risk from radioactive pollution of the environment // Issues of Risk Analysis. 2023;20(3):10–26. (In Russ.).
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-3-10-26>]

Сведения об авторах

Павлова Надежда Николаевна: кандидат биологических наук, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Количество публикаций: более 75

Область научных интересов: радиоэкологический мониторинг, экологическое нормирование загрязнения почв, экологические риски

Scopus Author ID: 57211508893

ORCID: 0000-0003-3460-0234

Контактная информация:

Адрес: 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4
nadpavl@yandex.ru

Крышев Иван Иванович: доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Количество публикаций: более 500

Область научных интересов: радиоэкологический мониторинг, экологические риски, экологическое моделирование, радиационная безопасность окружающей среды, разработка показателей качества окружающей среды

Scopus Author ID: 7004198434

Контактная информация:

Адрес: 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4
kryshch@rpatyphoon.ru

Сазыкина Татьяна Григорьевна: доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Количество публикаций: более 330

Область научных интересов: экологическое моделирование, экологическая дозиметрия, экологические риски, радиоэкологический мониторинг, экология Арктики

Scopus Author ID: 6603832974

Контактная информация:

Адрес: 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4
sazykina@rpatyphoon.ru

Крышев Александр Иванович: доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Количество публикаций: более 240

Область научных интересов: моделирование миграции радионуклидов в окружающей среде, радиоэкологический мониторинг, экологические риски, радиоэкология Арктики

Scopus Author ID: 6603584776

Research ID: S-7427-2018

Контактная информация:

Адрес: 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4
kai@rpatyphoon.ru

Косых Ирина Владимировна: научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Количество публикаций: более 70

Область научных интересов: радиоэкологический мониторинг, экологические риски, базы радиоэкологических данных
Scopus Author ID: 6505528255

Контактная информация:

Адрес: 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4
ivk@rpatyphoon.ru

Бурякова Анна Александровна: младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Количество публикаций: более 50

Область научных интересов: радиоэкологический мониторинг, экологические риски

Scopus Author ID: 57203977733

Контактная информация:

Адрес: 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4
buriakova@rpatyphoon.ru

Статья поступила в редакцию: 09.04.2025

Одобрена после рецензирования: 15.04.2025

Принята к публикации: 18.04.2025

Дата публикации: 30.06.2025

The article was submitted: 09.04.2025

Approved after reviewing: 15.04.2025

Accepted for publication: 18.04.2025

Date of publication: 30.06.2025