

УДК 612:574:546.3
DOI: 10.32686/1812-5220-2019-16-50-59

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2019

Сравнительный анализ экологического риска при загрязнении свинцом почв заповедных территорий Крыма по данным гигиенического и экологического мониторинга¹

Е. В. Евстафьева,
О. К. Абляимов,
А. М. Богданова,
Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского,
г. Симферополь

Н. А. Сологуб,
Министерство экологии
и природных ресурсов,
г. Симферополь

А. В. Паршинцев,
Управление делами
Президента Российской
Федерации, Комплекс «Крым»,
филиал «Крымский природный
заповедник»,
г. Алушта

В. А. Лапченко,
Федеральное государственное
бюджетное учреждение
науки «Карадагская научная
станция им. Т. И. Вяземского —
природный заповедник РАН»,
г. Феодосия

И. А. Евстафьева,
Крымский федеральный
университет
им. В. И. Вернадского,
г. Симферополь

Аннотация

Приводится сравнительный анализ экологической ситуации с использованием отечественных гигиенических и экологических нормативов, определяемых по методикам Конвенции о трансграничных переносах атмосферных загрязнителей, в отношении нагрузки на почву свинцом на заповедные территории Крымского полуострова. Результаты анализа официальных данных и собственных исследований за длительный период наблюдения на первый взгляд свидетельствуют о сходстве оценок, однако некоторые выявленные различия дают основания для заключения о существенно большей информативности критических нагрузок в качестве экосистемных нормативов, учитывающих природные различия в биогеохимической организованности территорий и позволяющих как оценить степень экологического риска, так и дать возможность управления им.

Ключевые слова: свинец, критические нагрузки, предельно допустимые концентрации, превышения критических нагрузок, мониторинг, заповедник.

¹ Настоящая работа выполнена при поддержке программы развития Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» на 2015—2024 гг. в рамках реализации академической мобильности по проекту ФГАУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» «Сеть академической мобильности “Развитие научных исследований в области экспериментальной медицины — РНИЭМ” в ФГАУ ВО “Национальный исследовательский Томский политехнический университет” в 2016 г.», а также РФФИ в рамках проекта 18-45-920042 «Биоэкологический мониторинг тяжелых металлов в прибрежной зоне Черноморского побережья Крыма» на 2018—2020 гг. Научный сотрудник ФГБУН «КНС-ПЗ РАН» Лапченко В. А. принял участие в написании статьи как в рамках гранта РФФИ, так и в рамках выполнения темы гос. задания (№ АААА-А19-119012490044-3) ФГБУН «КНС-ПЗ РАН».

Comparative analysis of ecological risk from lead pollution of soils on conservation areas of the Crimean territories by hygienic and ecological data monitoring

E. V. Evstafeva,
O. K. Ablialimov,
A. M. Bogdanova,

V. I. Vernadsky Crimea Federal University,
Simferopol

N. A. Sologub,

Ministry of ecology and natural resources of Crimea Republic,
Simferopol

A. V. Parshintsev,

Administrative Department of the President of the Russian Federation, Crimean complex in the branch of Crimean natural reserve,
Alushta

V. A. Lapchenko,

Federal State Budget Scientific Institution "Karadag Scientific Station T. I. Vyazemsky — Nature Reserve of RAS",
Feodosia

I. A. Evstafeva,

V. I. Vernadsky Crimea Federal University,
Simferopol

Annotation

Comparative analysis of ecological situation applying the state antipollution hygienic and ecological standards (critical loads) which are calculated on the basis of Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (LTRAP) with regards to lead's soil loads on natural reserves of Crimean peninsula presented herein. Analysis of official data and our own research during long period of time at first sight shows similarity of compared standards, though some of detected disparities give the reason for the conclusion about significantly more informational content of critical loads, as ecosystemic standards, which take into account natural differences in biogeochemical organization of the territories and allow to assess the degree of ecological risk as well as give the opportunity to manage it.

Keywords: lead, critical loads, critical limits, exceedances of critical loads, monitoring, natural reserve.

Содержание

Введение

1. Объекты и методы исследования

2. Результаты и обсуждение

Заключение

Литература

Введение

Свинец является одним из высокотоксичных поллютантов [1—4]. Его биоаккумуляруемость ведет к накоплению в окружающей среде и живых организмах, что представляет значительную опасность, поскольку до сих пор ученые не нашли ни одной полезной физиологической роли свинца в организме человека даже в минимальных количествах [5].

В связи с этим свинец относят к числу приоритетных загрязнителей окружающей среды, которые требуют тщательного контроля оказываемого воздействия. В мировой практике отмечается стремление к уменьшению его применения, за исключением использования в военной технике в форме тетраэтилсвинца $PbEt_4$ в качестве антидетонирующей присадки к топливу с целью повышения октанового числа. Тем не менее его распространенность в окружающей среде остается высокой. Несмотря на то, что загрязненный свинцом воздух является незначительным источником поступления свинца в организм человека (менее 1%) [6], степень его усвоения организмом при ингаляционном поступлении весьма высока и составляет 35—60%. Более того, его вымывание из атмосферы осадками и попадание в почву и далее — по биогеохимической трофической цепи — в организм

человека существенно увеличивает долю атмосферного загрязнения в общей картине загрязнения экосистем и организма человека этим токсичным металлом. Именно по этой причине атмосферное загрязнение и его негативные последствия рассматриваются в настоящее время как наиболее опасное для разных территорий вследствие трансграничного переноса загрязнителей.

Оценка экологической ситуации в отношении загрязнения тяжелыми металлами в настоящее время базируется на двух подходах. Первый заключается в использовании традиционных санитарно-гигиенических показателей — предельно допустимых или ориентировочно допустимых концентраций загрязнителей (ПДК или ОДК). Являясь официальными показателями в оценке экологического благополучия территории, они далеко не всегда отражают реальную картину загрязнения [7] и его возможного влияния на организм человека [8], последствия которого для экосистем и населения могут значительно отличаться от типа хозяйственного использования территории и ее природных свойств: биогеохимических особенностей экосистем, типа почв и содержания в них тех или иных компонентов, которые потенциально могут взаимодействовать с исследуемым элементом [9]. К примеру, Cr (VI) крайне нестабилен в кислых почвах и переходит в более устойчивую форму Cr (III) [10]. Более того, значения ПДК/ОДК показывают, может та или иная территория подвергаться дальнейшему техногенному воздействию, но не предусматривают возможность

использования мер по уменьшению (и во сколько раз) техногенного воздействия в случае превышения гигиенических нормативов.

Второй подход связан с определением экологических нормативов — критических нагрузок (КН) — и их превышений в соответствии с методиками, разработанными и предложенными Конвенцией LRTAP [11]. Первое сравнение традиционных гигиенических нормативов с экосистемным нормативом КН было сделано в 1991 г. [12].

Преимущество использования для оценки экологической ситуации КН, очевидно вытекающее из приведенного выше теоретического сравнения гигиенических и экологических нормативов, требует фактического подтверждения для осознания необходимости скорейшего перехода на основы биогеохимического нормирования и разработки региональных нормативов. Особенно в этом нуждаются «сложные» во многих отношениях территории, к числу которых, несомненно, принадлежит Крымский полуостров.

В связи с этим на территории Республики Крым инициативной группой ученых совместно с Республиканским комитетом, а в настоящее время — Министерством экологии и природных ресурсов, была начата работа по использованию международных подходов к экологическому нормированию и использованию КН, учитывающих природные особенности территорий, для оценки экологической ситуации. Были рассчитаны критические нагрузки для тяжелых металлов, в том числе свинца, и в те-

Сравнение между традиционными гигиеническими нормативами и критическими нагрузками

Таблица 1

Традиционные нормативы	Критические нагрузки
Эффект обычно наблюдается на организменном уровне	Эффект обнаруживается на экосистемном уровне
Значения устанавливаются на основе лабораторных экспериментов	Значения устанавливаются, основываясь на изучении биогеохимии и биологического разнообразия земных и водных экосистем
Смертность и физиологические эффекты являются обычной реакцией, используемой в постановке задач	Экосистемные эффекты случаются посредством прямого (биогеохимического изменения) или непрямого (изменения пищевой цепи) механизма
Вещества считаются не важными для жизни	Элементы или вещества являются важными строительными блоками для жизни
Экологические цели установлены ниже известных эффектов для предоставления некоторой безопасной границы	Цели ставятся как можно ближе к вредным уровням
Никакие положительные эффекты не наблюдаются в окружающей среде	Изменения могут происходить и считаться полезными (такие как возросшая продуктивность), хотя они могут быть весьма субъективными
Вред окружающей среде от превышений обычно наблюдается на протяжении короткого периода времени	Вред окружающей среде от превышений обычно наблюдается на протяжении долгого периода времени (года — десятилетия) и может быть кумулятивным

чение трех лет в результате полевых исследований определялись их превышения на разных мониторинговых площадках полуострова.

Настоящая статья посвящена сравнению результатов оценки экологической ситуации, определяемой с помощью гигиенических и экологических нормативов, в отношении нагрузки свинцом на почву заповедных территорий, рассматриваемых как фоновые в отношении атмосферного загрязнения.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи.

1. Проанализировать ретроспективные данные Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым по содержанию свинца в почве и оценить степень ее загрязнения посредством сравнения с гигиеническими нормативами содержания свинца в почве.

2. Выполнить полевые исследования по определению превышений критических нагрузок свинцом на почвы на заповедных территориях Крымского полуострова и оценить их динамику за 2009—2017 гг.

3. Провести сравнительный анализ подходов к оценке экологической ситуации и соответствующих экологических рисков посредством использования гигиенических и экологических нормативов.

1. Объекты и методы исследования

Традиционный подход к оценке загрязнения почв свинцом включал обобщение и анализ имеющихся в Министерстве экологии и природных ресурсов официальных данных по определению этого металла в почвах территории заповедников и парков, которые рассматриваются как фоновые площадки, за период 2004—2017 гг.

Помимо этого, в 2017 г. были выполнены собственные полевые исследования. Пробы почв отбирали с глубины 0—15 см методом «квадратного конверта». Каждая проба почвы была составлена из девяти точечных проб. Четыре пробы отбирали по углам и одну в центре квадратного конверта, оставшиеся четыре — внутри него. Полученную смесь тщательно перемешивали и в ней определяли содержание свинца. Помимо этого, определяли содержание свинца в осадках, которые собирали поквартально. Анализы проводили в экоаналитической лаборатории ГАУ РК «ЦЛАТИ» методом атомной адсорбции на спектрофотометре Contt AA 700. Предварительная подготовка почвы и последующий анализ проводились в соответствии с ПНД А 16.1:2.2:2.3:3.36-2002 и ПНД Ф 14.1:2:4.214-06. Оценка степени загрязне-

ния почв свинцом производилась путем сравнения с ПДК для валового содержания, которое равнялось 32 мг/кг [13], и в некоторых случаях — для подвижных форм свинца с ПДК 6 мг/кг [13].

Второй подход, рекомендованный экспертами Конвенции LRTAP [11], заключался в проведении полевых исследований по сбору осадков и определению в них концентрации свинца. Для этого на оборудованных мониторинговых площадках были установлены коллекторы. Фактическая нагрузка рассчитывалась по формуле

$$Me = V_{pre} \times N_{me}$$

где Me — количество выпавшего металла, V_{pre} — объем выпавших осадков, N_{me} — количество металла в единице объема (концентрация). Фактическое выпадение металла на единицу площади определяли по формуле

$$X_{dep} = Me / S,$$

где Me — количество выпавшего металла (мг), S — площадь воронки = 0,03 м². Более подробное описание методики приведено ранее [14].

В число таких фоновых площадок на заповедных территориях вошли кордоны «Алабач», «Седуна», «Грушевая поляна», «Лебяжьего острова» Крымского природного заповедника, Карадагский природный заповедник (рис. 1).

Данные по оценке превышений критической нагрузки свинцом на почву за период 2009—2011 гг. сравнивались и обобщались с результатами мониторинговых исследований за 2013—2017 гг. Критическая нагрузка, с которой сравнивались фактические выпадения свинца для данных ячеек сетки, где располагался коллектор для сбора осадков, была рассчитана ранее для лесных и сельскохозяйственных экосистем [14].

2. Результаты и обсуждение

Анализ полученных в Министерстве экологии и природных ресурсов Республики Крым данных за 2004—2017 гг. по содержанию свинца в почвах на заповедных и парковых территориях показал, что в 2004 г. среднее за год значение содержания свинца составило 65,1 мг/кг, то есть имело место двукратное превышение ПДК (табл. 2). В последующем наблюдалась тенденция к понижению его содержания в почвах исследуемых территорий (рис. 2).

На основании анализа данных по содержанию подвижных форм свинца в почвах на заповедных

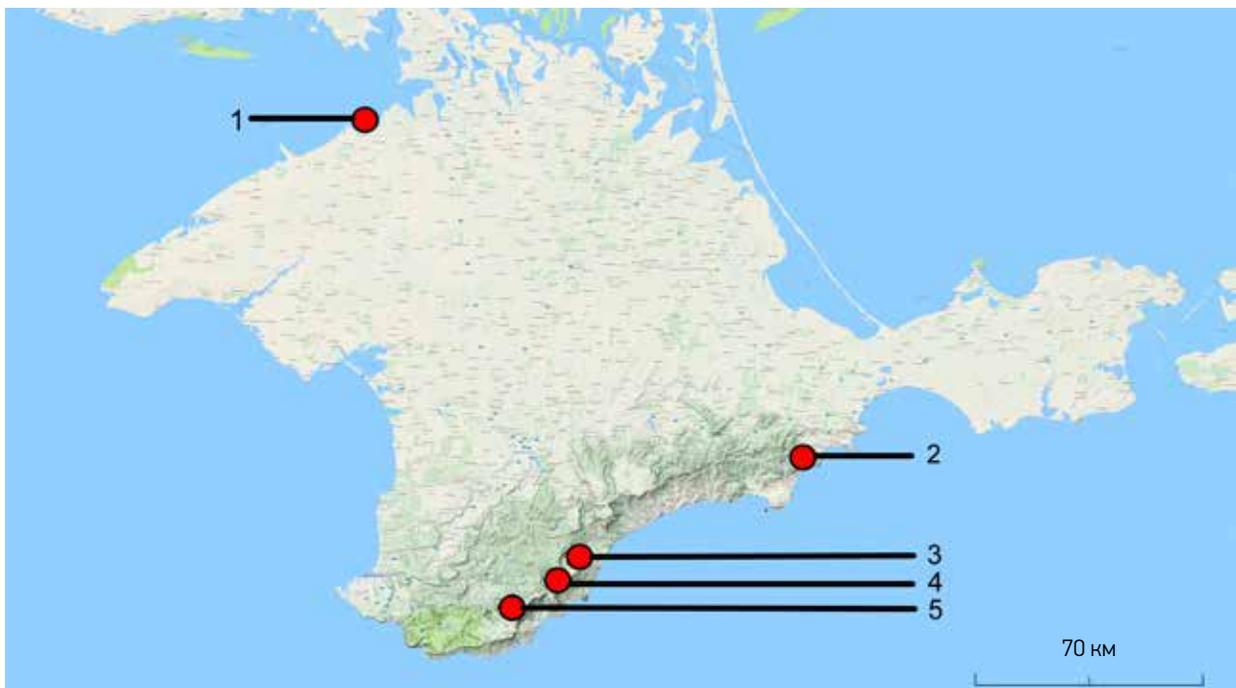


Рис. 1. Расположение мониторинговых площадок сбора осадков и почвенных образцов на территории Республики Крым: 1 — Крымский природный заповедник, филиал «Лебяжьи острова»; 2 — Карадагский заповедник; 3 — Крымский природный заповедник, кордон «Грушевая поляна»; 4 — Крымский природный заповедник, кордон «Алабач»; 5 — Крымский природный заповедник, кордон «Седуна»

Figure 1. Location of monitoring sites for collection of precipitation and soil samples on the territories of Crimean Republic: 1 — Crimean natural conservatory, branch “Lebyazh'i ostrova”; 2 — Qaradag conservatory; 3 — Crimean natural conservatory, cordon “Pear’s meadow”; 4 — Crimean natural conservatory, cordon “Alabach”; 5 — Crimean natural conservatory, cordon “Sedun”

Валовое содержание Рb, мг/кг, на территории заповедников и парков Крыма

Таблица 2

Место отбора	Год	Диапазон содержания Рb, min—max значение, мг/кг	Среднее содержание Рb, мг/кг
«Детский парк», г. Симферополь	2004	24,0—108,0	65,1
Водопад «Джур-Джур» № 1, п. Генеральское, г. Алушта	2005	2,2—39,4	14,1
с. Весёлое, Симферопольский район	2005	11,4—92,4	56,0
Крымский природный заповедник, кордон «Алабач»	2017	—	58,6
Карадагский природный заповедник	2017	—	24,3
Заказник «Лебяжьи острова», с. Портовое Раздольненского района	2017	—	10,0

и парковых территориях Крыма было установлено, что в 2006 г. на протяжении исследуемого периода наблюдалось превышение ПДК в 2,6 раза (табл. 3). В то же время анализ данных за 2007 и 2008 г. показал, что среднее содержание подвижных форм свинца находилось в пределах нормы (рис. 3).

Таким образом, анализ немногочисленных в 2000-х гг. официальных данных по валовому содержанию и содержанию подвижных форм свинца в почвах парковых и заповедных территорий свиде-

тельствует, что до 2006 г. в среднем имело место превышение ПДК, которое сменилось тенденцией к снижению. Единственное превышение ПДК среднего содержания подвижных форм свинца в 2007 г. на территории парка «Салгирка» в г. Симферополе может быть связано с близким расположением к ялтинской трассе с интенсивным автомобильным движением.

Единичные литературные источники, основанные на анализе данных семилетнего санитарно-токсикологического мониторинга санитарно-

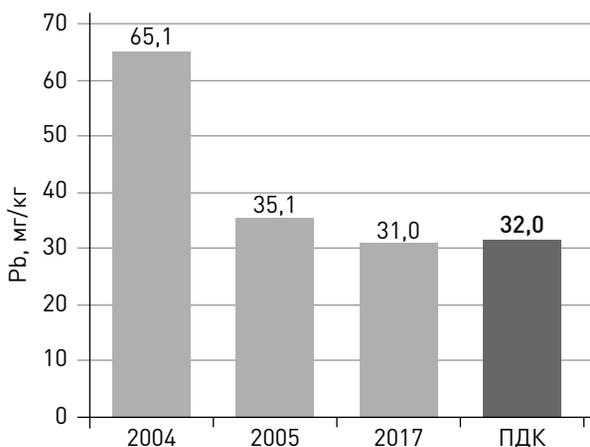


Рис. 2. Валовое содержание свинца в почве на территории заповедников и парков Крымского полуострова в период 2004—2017 гг. в сравнении с предельно допустимой концентрацией (ПДК)
 Figure 2. Total content of lead in soil on the parks' and conservation' territories of Crimean peninsula during 2004—2017 compared to maximum permissible concentration (MPC)

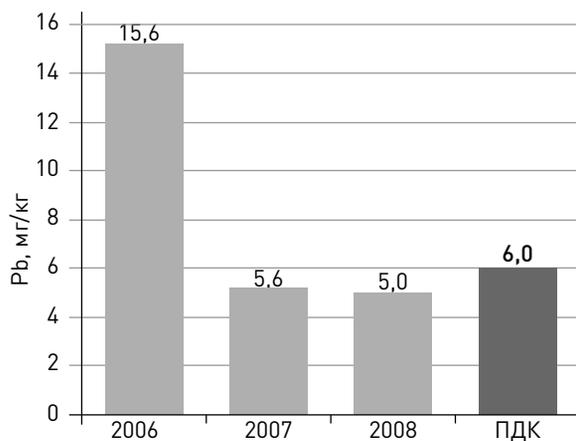


Рис. 3. Содержание подвижных форм свинца Pb, мг/кг, в почвах на территории заповедников и парков Крымского полуострова в период 2006—2008 гг. в сравнении с предельно допустимой концентрацией (ПДК)
 Figure 3. Total content of mobile lead Pb, mg/kg, in soil on the parks' and conservation' territories of Crimean peninsula in the period 2006—2008 compared to maximum permissible concentration (MPC)

Содержание подвижных форм Pb, мг/кг, на территориях заповедников и парков Крымского полуострова в период 2006—2008 гг.

Таблица 3

Место отбора	Год	Диапазон содержания Pb, мг/кг, min—max значение	Среднее содержание Pb, мг/кг
Водопад «Джур-Джур», п. Генеральское, г. Алушта	2006	9,9—24,7	15,6
Территория рекреационной застройки, п. Виноградное, г. Ялта	2007	1,0—4,0	2,7
Парк «Салгирка», г. Симферополь	2007	4,0—14,0	9,6
«Детский парк», г. Симферополь	2007	2,0—9,0	5,0
«Мисхорский парк», г. Ялта	2007	1,2—2,3	1,8
«Ливадийский парк», г. Ялта	2007	1,1—5,8	3,6
«Алупкинский парк», г. Алупка	2007	1,4—3,8	2,7
МДЦ «Артек», г. Ялта	2007	1,4—6,0	3,6
Крымский природный заповедник, г. Алушта	2008	—	5,0

эпидемиологической станции за период 1997—2003 гг. [15], по определению содержания свинца в почвах различных климато-географических районах Крыма, на первый взгляд, косвенно согласуются с результатами оценки экологической ситуации за период 2004—2017 гг. по приведенным выше данным Министерства экологии и природных ресурсов. Так, на территории Южного берега Крыма содержание свинца в почве составило 30,0 мг/кг, в почвах предгорного района Крыма — 24,3 мг/кг, а в степном районе Крыма — 11,3 мг/кг, то есть

не превышало ПДК. Исключение составили 2004 и 2006 гг., когда для валового содержания и для подвижных форм свинца соответственно, по данным Министерства, наблюдали превышение ПДК.

Тем не менее официальные данные, полученные за разные периоды времени и на разных территориях, являются трудносопоставимыми и затруднительны в интерпретации, особенно в тех случаях, когда имеют место превышения. Кроме того, основанная на разовых измерениях оценка ситуации не дает возможности оценить степень риска,

поскольку существует единая величина ПДК для территорий разного типа, не учитывающая природные различия и устойчивость почвы к загрязнению.

С целью сравнительной оценки информативности предлагаемых международным экспертным сообществом подходов к оценке экологической ситуации посредством экосистемных КН были выполнены полевые исследования и обобщены их результаты с выполненными ранее исследованиями за период 2011—2017 гг.

Определение фактической нагрузки свинцом с выпадающими на почву осадками на фоновых мониторинговых площадках, расположенных на заповедных территориях Южного и Северного Крыма, показало, что ее величина на южных заповедных территориях была максимальной в 2009 г. (табл. 4) и превышала КН для лесных экосистем в этом квадрате сетки в 1,8 раза. В последующие годы фактическая нагрузка была существенно ниже КН. В совокупности с изложенными выше официальными данными о снижении содержания свинца в почве за более ранний период это согласуется с тенденцией к снижению выпадений свинца в Европе, которая прослеживается с 1990 г. [16].

В последующие годы превышений не наблюдалось.

На степных мониторинговых площадках Северного Крыма наблюдается высокая вариабельность фактической нагрузки свинцом (табл. 5) и, соответственно, существенные различия в величине превышений КН с максимумом в 2014 г., когда общее количество осадков было необычно высоким для Крыма.

Такая особенно тесная зависимость от количества осадков на данной территории является понятной, поскольку это степная территория, где вынос металла с растительной массой в сравнении с лесными экосистемами весьма незначителен, а величина КН минимальна. В целом величины КН для наземных экосистем соответствуют величинам, рассчитанным для природных экосистем стран Европы, и согласуются с данными о более высокой чувствительности к нагрузке свинцом луговых почв Беларуси [17].

Заключение

Анализируя и обобщая изложенные выше результаты, можно констатировать, что оценка экологической ситуации посредством гигиенических и экологических нормативов, на первый взгляд, не является противоречивой, однако прямое сопоставление результатов, особенно в отношении фоновых

Превышения критических нагрузок на территории экспериментальных площадок лесных экосистем заповедных территорий

Таблица 4

Год	Фактическая нагрузка (г/га/год)	Критическая нагрузка (г/га/год)	Превышение (раз)
2009	83,6	46,0	1,8
2010	26,4	50,0	Нет
2011	12,5	46,0	Нет
2013	28,2	50,0	Нет
2017	23,3	46,0	Нет

Критические, фактические нагрузки свинцом на почву степных экосистем заповедных территорий и их превышение за период 2010—2017 гг.

Таблица 5

Год	Фактическая нагрузка (г/га/год)	Критическая нагрузка (г/га/год)	Превышение (раз)
2010	20,3	0,5	38,9
2011	0,5	0,5	Нет
2013	76,6	0,5	147,3
2014	149,3	0,5	287,0
2017	1,9	0,5	3,7

заповедных территорий, представляется весьма затруднительным. С одной стороны, понятно, что такого типа территории не являются объектом перво-степенной важности для Министерства экологии, и эпизодические замеры, как и периодичность их выполнения, позволяют делать весьма приблизительные оценки. С другой стороны, помимо приведенного в табл. 1 сравнения, имеют место и иные принципиальные различия как в самой методологии определения нормативов, так и в последующей методике анализа с их помощью экологической ситуации.

Тем не менее и с теоретической точки зрения, и с точки зрения практических результатов, полученных при оценке загрязнения почв свинцом на заповедных территориях, можно прийти к вполне определенным заключениям.

Во-первых, важным преимуществом методологии КН как нормативов экологического состояния является натурный, а не экспериментальный характер их определения, что позволяет учитывать природную устойчивость территорий к антропогенному загрязнению, вероятный баланс загрязнителя между

средами в зависимости от почвенных и в целом биогеохимических особенностей территорий. Из этого следует, что степень риска для здоровья человека, являющегося главным индикатором экологического благополучия, в решающей степени зависит не столько от дозы поллютанта в отдельных компонентах среды (почве, воздухе, воде), сколько от его конечного поступления в организм всеми возможными путями, которое, в свою очередь, обусловлено особенностями биогеохимической миграции элементов в экосистемах разного типа и в разных климатических условиях. При этом определяемые превышения КН позволяет учитывать и загрязнение атмосферы, так как фактическая нагрузка определяется по выпадению тяжелых металлов из атмосферы на почву с осадками. Помимо этого, методика определения фактической нагрузки и превышений критических нагрузок позволяет учитывать климатические особенности года и в целом долговременные тенденции сезонной и годовой вариабельности погодных условий, обуславливающих разную степень загрязнения почв, а следовательно, и разную степень риска для экосистем и человека.

ПДК, рассчитанная в результате экспериментов, по определению не учитывает перечисленных факторов, способных принципиально изменить степень риска от присутствия металла в почве, что ярко демонстрируется приведенными в статье данными. Так, сама величина допустимой КН на степные экосистемы полуострова в разы отличается от КН на лесные экосистемы, а следовательно, отличается и степень риска воздействия как на экосистему, так и на организм человека, что никаким образом не находит отражения в оценивании экологической ситуации с использованием ПДК. Кроме того, прямое сопоставление результатов оценивания посредством сравнения с ПДК и КН на заповедных территориях степного Северного Крыма выявляет принципиальные противоречия. Так, оценка загрязнения почв свинцом путем сравнения с ПДК по произведенным в июле 2017 г. анализам позволяет говорить о вполне благоприятной ситуации на заповедной территории Северного Крыма (Лебяжьих острова). В то же время превышение КН свинца для степных экосистем этой территории свидетельствовало о почти 4-кратном превышении КН на протяжении 2017 г.

Кроме того, такое превышение, выявленное на заповедной территории, подтверждает актуальность исследования трансграничного переноса поллютантов, которые могут выпадать с осадками

на территории, не имеющей локальных источников загрязнения.

Таким образом, использование критических нагрузок и оценка их превышений является, несомненно, более информативным и объективным подходом, чем использование гигиенических (эко-токсикологических) ПДК. Кроме того, с помощью критических нагрузок и регулярных мониторинговых исследований их превышений можно прямо оценить степень экологического риска, которая может варьировать в зависимости от ряда факторов, а, следовательно, это создает больше возможностей для управления риском при продуманной практике экологического нормирования и организации мониторинга в регионе. Методология КН тоже не является совершенной и завершенной, в частности, предлагается, например, в расчет КН включать не только водный и биотический, но и почвенный блок геосистем, что, по мнению авторов, уменьшает риск для экосистем от нагрузки тяжелыми металлами [18]. Однако в любом случае методология КН является основополагающей при оценке экологической ситуации и степени экологического риска, а, следовательно, ее использование открывает совершенно новые возможности для управления риском.

Необходимость более широкого и всестороннего обсуждения вопросов использования методологии КН с целью адаптации методов в различных регионах Российской Федерации подчеркивается ведущими специалистами в этой области [19—21]. Особый интерес для дальнейшего обоснования и практической апробации принципов экологического нормирования имеет проведение исследований и сравнительный анализ оценки экологической ситуации на других типах территории Крымского полуострова с существенной антропогенной нагрузкой.

Литература [References]

1. Grant L.D. Lead and Compounds. In Environmental Toxicants, John Wiley & Sons, Inc. 2008. P. 757—809. DOI: 10.1002/9780470442890.ch20
2. Российский санитарно-гигиенический ГОСТ 17.4.102-83. 1983. [Russian sanitary and hygiene GOST standard 17.4.102-83. 1983. (Russia)]
3. Wani A.L., Ara A., Usmani J.A. Lead toxicity: A review. *Interdisciplinary Toxicology* 2015. 8. P. 55—64. DOI: 10.1515/intox-2015-0009
4. Flora G., Gupta D., Tiwari A. Toxicity of lead: A review with recent updates. *Interdisciplinary Toxicology* 2012. 5. P. 47—58. DOI: 10.2478/v10102-012-0009-2

5. Update on the clinical management of childhood lead poisoning. Woolf A.D., Fau-Bellinger R., Goldman D.C., Bellinger D.C. *Pediatr Clin N Am* 2007. 54. P. 271—294. DOI: 10.1016/j.pcl.2007.01.008
6. Snakin V.V., Prisyazhnaya A.A. Lead contamination of the environment in Russia. *Science of The Total Environment* 2000. 256. P. 95—101. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00452-6
7. Башкин В.Н., Курбатов А.А., Припутина И.В. Экология и промышленность России ЭКиП: Общественный научно-технический журнал. 2005. 8. С. 25—29. [Bashkin V.N., Kurbatov A.A., Pripulina I.V. Ecology and industry of Russia ECandI: Social scientific-technical journal. 2005. 8. P. 25—29. (Russia)]
8. Евстафьева Е.В., Орлинский Д.Б., Воробьев В.В., Башкин В.Н. Физиологические основы экологического нормирования. В кн.: Биогеохимические основы экологического нормирования. М.: Наука. 1993. С. 70—110. [Evstafeva E.V., Orlinский D.B., Vorob'ev V.V., Bashkin V.N. Physiological basis of ecological standartization. In the book: Biogeochemical basis of ecological standartization. M.: Science. 1993. P. 70—110. (Russia)]
9. Bashkin V.N., Howarth R.W. *Modern Biogeochemistry*, New York — Boston — Dordrecht — London — Moscow. Kluwer Academic Publishers. 2002. P. 561.
10. Бессонова В.П., Иванченко О.Е. Хром в окружающей среде. Вопросы биоиндикации и экологии. 2011. 16 (6). С. 13—29. [Bessonova V.P., Ivanchenko O.E. Chromium in the environment. Bioindication and ecology questions. 2011. 16 (6). P. 13—29. (Russia)]
11. Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (LTRAP). 1979.
12. Brydges T.G. Proceedings of a workshop “Electricity and the environment” held in Helsinki, Finland, International Atomic Energy Agency. Vienna. 13—17 May, 1991. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/23/044/23044595.pdf
13. Гигиенические нормативы: ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М. 2006. Т. 16. [Hygienic standards: HS 2.1.7.2041-06. Maximum permissible concentrations (MPC) and approximate permissible concentrations (APC) of chemicals in soil. M. 2006. T. 16. (Russia)]
14. Евстафьева Е.В., Нараев Г.П., Сологуб Н.А., Карпенко С.А. Подходы к оценке риска от действия тяжелых металлов на наземные экосистемы на территории Республики Крым. *Проблемы анализа риска*. 2015. 12 (5). С. 6—15. [Evstafeva E.V., Naraev G.P., Salogub N.A., Karpenko S.A. Approaches to the risk assessment from effects of heavy metals on terrestrial ecosystems at the territories of Crimean Republic. *Issues of Risk Analysis*. 2015. 12 (5). P. 6—15. (Russia)]
15. Михайлова Т.В., Михайлов В.В. Содержание тяжелых металлов в почвах разных районов Крыма и их влияние на заболеваемость кариесом у детей / III Всероссийская дистанционная интернет-конференция с международным участием. 2012. [Mykhailova T.V., Mykhailov V.V. Heavy metals content in soils on different Crimean territories and their influence on tooth decay in children. The third Russian remote internet conference with international participation. 2012. (Russia)]
16. European critical loads of cadmium, lead and mercury and their exceedances. Slootweg J., Hettelingh J.-P., Posch M., Schütze G., de Vries W., Spranger T., Reinds G.J., van't Zelfde M., Dutchak S., Iyin I. *Water, Air, and Soil Pollution: 2007. Focus* 7. P. 371—377.
17. Какарека С.В., Саливончик С.В. Моделирование критических нагрузок свинца на природные экосистемы Беларуси. *География и природные ресурсы*. 2010. 3. С. 136—144. [Kakareka S.V., Salivonchik S.V. Modelling of critical loads of lead on natural ecosystems of Belorussia. *Geography and natural resources*. 2010. 3. P. 136—144. (Russia)]
18. Тобратов С.А. Оценка устойчивости экосистем к загрязнению тяжелыми металлами на основе ландшафтного подхода и метода критических нагрузок. *Materials of int. conf. “World and Science” (“Svet a Veda”)*, Brno, May 1th, 2014. С. 243—254. [Tobratov S.A. Ecosystem sustainability assessment to contamination by heavy metals on the basis of landscape approach and critical loads assessment. *Materials of int. conf. “World and Science” (“Svet a Veda”)*, Brno, May 1th, 2014. P. 243—254. (Russia)]
19. Припутина И.В. Методология критических нагрузок и ее развитие в связи с конвенцией о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. 2015. С. 80—96. [Pripulina I.V. Methodology of critical loads and its development with connection of Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. *Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems*. 2015. P. 80—96. (Russia)]
20. Башкин В.Н., Курбатова А.С., Савин Д.С. Методологические основы оценки критических нагрузок поллютантов на городские экосистемы, НИИПИ экологии города. М. 2004. 78. [Bashkin V.N., Kurbatova A.S., Savin D.S. Methodological basics of critical loads assessment of pollutants on urban ecosystems, SPI ecology of the city. M. 2004. 78. (Russia)]
21. Башкин В.Н., Курбатов А.А., Припутина И.В. Применение критических нагрузок вместо ПДК. *Экология и промышленность России*. 2005. 8. С. 25—29. [Bashkin V.N.,

Kurbatov A.A., Pripulina I.V. Application of critical loads instead of maximum permissible concentrations (MPC). Ecology and industry Russia. 2005. 8. P. 25—29. (Russia)]

Сведения об авторах

Евстафьева Елена Владимировна: доктор биологических наук РФ, доктор медицинских наук Украины, заслуженный деятель науки и техники Автономной республики Крым, профессор, заведующая кафедрой нормальной физиологии и отдела медико-экологического мониторинга с оценкой риска, Медицинская академия им. С.И. Георгиевского ФГАОУ ФО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Количество публикаций: 305

Область научных интересов: экологическая физиология, экология человека, биогеохимия

Контактная информация:

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: +7 (365) 255-48-50

E-mail: e.evstafeva@mail.ru

Абляимов Осман Куртсеитович: кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник центральной научно-исследовательской лаборатории (ЦНИЛ), Медицинской академии им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского

Количество публикаций: 6

Область научных интересов: биогеохимия, органическая и аналитическая химия

Контактная информация:

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: +7 (365) 255-48-50

E-mail: osman.ablialimov@gmail.com

Богданова Анна Михайловна: младший научный сотрудник центральной научно-исследовательской лаборатории (ЦНИЛ), аспирант кафедры нормальной физиологии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского (структурное подразделение ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского)

Количество публикаций: 5

Область научных интересов: физиология висцеральных систем, экологическая медицина

Контактная информация:

Адрес: 295006, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар Ленина, д. 5/7

Тел.: +7 (365) 255-48-50

E-mail: annuta2607@yandex.ua

Сологуб Наталья Александровна: заместитель министра Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым

Количество публикаций: 6

Область научных интересов: экология

Контактная информация:

Адрес: 295022, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Кечкеметская, д. 198

Тел.: +7 (365) 227-24-29

E-mail: krimpriroda@home.cris.net

Паршинцев Андрей Владимирович: старший научный сотрудник Крымского природного заповедника

Количество публикаций: 150

Область научных интересов: экология, этология, охрана редких видов позвоночных животных

Контактная информация:

Адрес: Республика Крым, г. Алушта, ул. Партизанская, д. 42

Тел.: +7 (365) 605-04-40

E-mail: grif@alushta.ylt.crimea.com

Лапченко Владимир Александрович: научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки ФГБУН «Карадагская научная станция имени Т.И. Вяземского — природный заповедник РАН»

Количество публикаций: 50

Область научных интересов: проблемы загрязнения окружающей среды, изучение климатических особенностей территории Юго-Восточного Крыма; изучение суточной, сезонной и межгодовой динамики концентраций малых газовых составляющих и факторов, влияющих на них, в фоновых условиях заповедника

Контактная информация:

Адрес: 298188, Республика Крым, г. Феодосия, пгт Курортное, ул. Науки, д. 24

Тел.: +7 (365) 622-62-12

E-mail: ozon.karadag@gmail.com

Евстафьева Ирина Андреевна: кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского

Количество публикаций: 112

Область научных интересов: экологическая физиология

Контактная информация:

Адрес: Республика Крым, г. Симферополь, ул. Студенческая, д. 13/29

Тел.: +7 (978) 707-34-10

E-mail: irinaevst76@mail.ru