

# МИРОВОЙ ОПЫТ НОРМИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

**И.Н. Семенков, Т.В. Королева**

**МГУ имени М.В. Ломоносова**

Своевременная разработка нормативов качества почвы является необходимым условием рационального природопользования. В России недостаточно изучено содержание в почве химических элементов (ХЭ), что является одной из причин незначительного числа разработанных не только предельно допустимых, но и ориентировочно допустимых концентраций ХЭ в почве. Для решения проблемы нормирования качества почв в России возможна адаптация к отечественным реалиям опыта таких стран, как Голландия, Финляндия, Канада, Германия. Так, для обоснования производственно-хозяйственных нормативов могут быть использованы директивные уровни Финляндии и голландские уровни вмешательства; для оценки почв детских площадок и жилой зоны – триггерные уровни Германии, для селитебно-парковых зон и сельхозугодий – соответствующие канадские нормативы.

*Ключевые слова:* предельно допустимая концентрация, химические элементы, нормативы качества почв

## World Experience in Rationing the Content of Chemical Elements in the Soil

**I.N. Semenkov, T.V. Korolyeva**

**Lomonosov Moscow State University 119991 Moscow, Russia**

Timely development of standards for soil quality is a prerequisite for environmental management. In Russia, the content in the soil of chemical elements (CE) is insufficiently studied, which is one of the reasons for the small number of developed not only maximum permissible, but also approximately permissible concentrations of CE in the soil. To solve the problem of rationing soil quality in Russia, the experience of such countries as Holland, Finland, Canada, and Germany can be adapted to domestic realities. So, to justify the production and economic standards, Finnish guideline values and Dutch intervention levels can be used; for soil assessment of playgrounds and residential areas – trigger levels of Germany, for residential and park areas and farmland – the relevant Canadian standards.

*Keywords:* maximum permissible concentration, chemical elements, standards of soil quality

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-02-62-67

Российская система нормирования содержания химических элементов (ХЭ) в почве унаследовала разработанные в СССР предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ, которые были впервые утверждены как нормативные акты в 1973 г. и являлись первыми в мире документами, регламентирующими безопасные уровни содержания веществ в почве. За последние четверть века в системе российского нормирования содержания ХЭ к разработанным ПДК валовых концентраций в почве As, Cr<sup>6+</sup>, Hg, Mn, Pb, Pb+Hg, S, Sb, V, V+Mn, подвижных форм Co, Cr<sup>3+</sup>, Cu, F, Mn, Ni, Pb, Zn и водорастворимого F новые элементы не при-

бавились, хотя за прошедший период в мире накоплены новые сведения о токсичности веществ для биоты и усовершенствованы подходы к ее оценке, изменился рацион и продолжительность жизни россиян. В 1995 г. в России были утверждены ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) для валового содержания в почве Ni, Pb, Cu, Zn, Cd и As. Но и их использование не позволяет закрыть имеющиеся пробелы при оценке воздействия на окружающую среду проектируемой хозяйственной деятельности и контроле технологических процессов, так как развитие промышленности приводит к поступлению в окружающую среду новых веществ и усилению

пресса со стороны известных поллютантов.

Все результаты современных исследований, включая расчет риска возникновения раковых заболеваний для канцерогенных веществ и долгосрочных оценок воздействия на организмы неканцерогенных веществ, активно применяют в нормировании содержания ХЭ в других странах. Сложившаяся ситуация в российской системе нормирования (наряду с полной открытостью методики расчета нормативов за рубежом и закрытости аналогичных данных в России) определяет необходимость совершенствования за счет реанимации существующих наработок и/или адаптации к нашим реалиям за-

рубежного опыта. Положительный результат модернизации советской системы нормирования ХЭ в почвах имеется в Литве [1], где к реалиям страны применены советский и голландский подходы.

Цель работы — проанализировать существующие системы нормирования содержания ХЭ в почвах таких стран, как Голландия, Финляндия, Германия, Канада и США, сходных с Россией по климатическим условиям, а также предложить нормативы, которые могут быть использованы в российских реалиях для оценки состояния почв.

### Голландская система нормирования

Методические основы голландской системы нормирования содержания ХЭ в почвах, используемые в ряде стран Европейского союза [1, 2], разработаны для стандартной почвы, содержащей 10 % углерода органических веществ и 25 % илистой фракции, с учетом геохимического фона страны, и впервые оформлены как нормативный акт в 1983 г. В качестве ПДК выбран уровень (табл. 1), обеспечивающий защиту как минимум четырех видов организмов экосистемы из разных таксономических групп от вредных воздействий ХЭ. Концентрация серьезного риска соответствует уровню нарушения функционирования 50 % видов и/или микробиологических процессов [3].

В 2001 г. были утверждены ПДК [4], уточненные за счет более детального анализа экотоксикологических данных (например, предположения, что ареал местообитания организмов из верхних звеньев пищевой цепи существенно превосходит площадь загрязненной территории) и использования реального, а не самого худшего варианта среднесуточного потребления вредных веществ человеком с пищей, водой и из воздуха за 70 лет, при котором не возникает неблагоприятных воздействий для здоровья, а риск возникновения рака составляет  $1 \times 10^{-4}$ . В резуль-

тате обоснованы концентрации серьезного риска для экосистем и человека (ecological serious risk concentration, SRCeco<sup>1</sup> и human serious risk concentration, SRChuman) для As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb и Zn, из меньшего значения которых выбран минимальный — интегральный показатель. В свою очередь методическая основа для расчетов SRCeco и SRChuman использована для обоснования уровней вмешательства (intervention value), на основе которых принимается решение о необходимости и целесообразности проведения ремедиации при условии загрязнения как минимум 25 м<sup>3</sup> почвы [2, 6]. Уровень вмешательства зависит от типа землепользования, цены ремедиации и базируется на сценарии "поселение с садом", который предполагает потребление веществ человеком различными путями в результате вдыхания, поглощения частиц почвы, кожного контакта с ней (аналогично для воды), потребления домашней растительной продукции (менее 10 % суммарного поглощения). Разработанные позднее индикационные уровни серьезного загрязнения почв (indicative levels for serious contamination of soil) отражают уровни, достижения которых в обязательном порядке влечет принятие мер по очищению или ремедиации почвы [6].

### Финская система нормирования

В основе системы нормирования содержания ХЭ в почвах Финляндии, появившейся в 1991 г. и носившей сначала рекомендательный характер [1], лежат результаты крупномасштабной почвенно-геохимической съемки страны, в рамках которой проанализировано 88 тыс. проб на фоновых территориях и 2,6 тыс. — в городах, т.е. в среднем десятью пробами охарактеризовано 2,7 км<sup>2</sup> страны. В результате обоснованы фоновые концентрации (background concentrations), отражающие природные процессы накопления веществ без

**Таблица 1. Показатели содержания ХЭ в почвах Нидерландов, мг/кг**

**Table 1. Indicators of CE content in soils of the Netherlands, mg/kg**

ХЭ	Фоновая концентрация [3]	ПДК [3]	Интегральные ПДК [4]	Уровни вмешательства [2, 5]
As	29	34	85	76
Ba	155	165	890	400
Be	1,1	1,1	—	—
Cd	0,8	1,6	13	13
Co	9	33	43	190
Cr <sup>3+</sup> / Cr <sup>6+</sup>	—/—	—/—	220/78	180/78
Cr	100	100	—	—
Cu	36	40	96	190
Hg	0,3	2,2	36	36
Mo	0,5	254	190	190
Ni	35	38	100	100
Pb	85	40	580	530
Sb	3	3,5	—	150
Se	0,7	0,81	—	5,9
Sn	19	53	—	260
Tl	1	1,3	—	2,5
V	42	43	—	110
Zn	140	160	350	720

Прочерк — нет данных.

влияния человека и базовые (baseline concentrations), характеризующие природный геохимический фон и дисперсное загрязнение в региональном масштабе As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V и Zn [6].

Непосредственно для нормирования используют пороговые и директивные значения (threshold<sup>2</sup> и guideline values) (табл. 2). Пороговые значения рассчитаны как водно-миграционные показатели с учетом голландских ПДК и применительно к почвам Финляндии базовой концентрации и мини-

**Таблица 2. Показатели содержания ХЭ в почвах Финляндии [6], мг/кг**

**Table 2. Indicators of CE content in soils of Finland [6], mg/kg**

ХЭ	Фоновый уровень: средний (разброс)	Пороговые значения	Директивные значения	
			Нижние	Верхние
As	1 (0,1–25)	5	50	100
Cd	0,03 (0,01–0,15)	1	10	20
Co	8 (1–30)	20	100	250
Cr	31 (6–170)	100	200	300
Cu	22 (5–110)	100	150	200
Hg	0,005 (<0,005–0,05)	0,5	2	5
Ni	17 (3–100)	50	100	150
Pb	5 (0,1–5)	60	200	750
Sb	0,02 (0,01–0,2)	2	10	50
V	38 (8–110)	100	150	250
Zn	31 (8–110)	200	250	400

<sup>1</sup>В основе SRCeco лежит более усовершенствованная методическая база расчетов более ранних вариантов ПДК [3].

<sup>2</sup>Базовая концентрация используется в экологических оценках территорий, где она превышает пороговое значение.

**Таблица 3. Триггерные уровни содержания ХЭ в почвах функциональных зон Германии [7], мг/кг**  
**Table 3. Generic trigger levels for CE in soils of Germany [7], mg/kg**

ХЭ	Детские площадки	Селитебная зона	Парки/зоны отдыха	Индустриальная зона
As	25	50	125	140
Cd	10(2)	20(2)	50	60
Cr	200	400	1000	1000
Hg	10	20	50	80
Ni	70	140	350	900
Pb	200	400	1000	2000

В скобках – значение для случаев, когда на участках выращивают культуры.

мального безопасного уровня для 95 % видов наземных организмов и микробных процессов [1]. Превышение порогового значения запускает необходимость оценок местоспецифичного потенциального загрязнения и возможной ремедиации. В случае, если все измеренные концентрации ниже порогового значения, дальнейшие проверочные действия не требуются. Пороговые значения также используют для оценки качества перемещенных и вторично используемых грунтов [1, 6].

Превышение директивных значений (верхнего и нижнего — lower and upper guideline values) определяет необходимость оценки и управления рисками (risk management actions) и ремедиации. Нижнее значение применяют для наиболее чувствительных экосистем селитебных территорий, верхнее — в индустриальных зонах посредством оценки риска негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека по голландским методикам [4] и финского опыта применительно к грунтовым водам [1, 6]. Оба показателя отражают значимый риск для экосистем (используется значение, безопасное для 50 % микробных процессов и наземных видов, которое прибавлено к базовой концентрации металлов в моренных отложениях страны). Влияние на здоровье человека рассчитано для селитебной зоны (отдельно для детей в возрасте до 6 лет и взрослых) и индустриальной (только для взрослых) применительно для неканцерогенных веществ с использованием коэффициента опасности (Hazard Quotient, HQ), равного 1, и риска возникновения рака

за 70 и 40 лет для селитебной и индустриальной зон соответственно при средней продолжительности жизни 70 лет с использованием голландской методики и вероятности возникновения рака  $10^{-5}$  (порогового уровня, рекомендованного для расчетов Всемирной организацией здравоохранения) [1]. Нижний уровень рассчитан с использованием следующих путей воздействия поллютантов на человека: поглощение почвы, вдыхание загрязненных частиц (в доме и на улице), кожные контакты и потребление домашней растительной продукции. При расчете верхних уровней не учитывали потребление домашней растительной продукции и воды.

### Немецкая система нормирования

В почвах Германии контролируют валовую концентрацию As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb и Zn с целью предупреждения пагубных изменений в почве, связанных с нарушением их функций, или возникновения опасности для индивидуума или социума с использованием действенных (action), триггерных (trigger) и предостерегающих (precaution values) ПДК [7]. Действенные и триггерные ПДК разработаны с учетом оценки риска поступления веществ различными путями.

Действенные ПДК отражают опасное загрязнение, которого необходимо избегать. Достижение этого уровня обычно определяет необходимость ремедиации почв. Решение о ее целесообразности принимается, исходя из данных об ошибочности предположений о том, что в конкретном месте достигнут действенный уровень [1, 7]. Действенные ПДК разработаны в отношении подвижного Cd для сельхозугодий и садово-огородных (agriculture and gardening) участков (0,04 мг/кг для полей пшеницы, идущей на хлеб, а также культур-аккумуляторов элемента и 0,1 мг/кг — для остальных культур). Также они существуют для зеленых сельхозземель. в отношении As (50 мг/кг), Cd (20), Cu (1300 и, если территория используется для выпаса овец, 200), Hg (2), Ni (1900), Pb (1200) и Tl (15).

Триггерные ПДК разработаны на основе предположений о заглазывании почвы в организм играющих детей за 8 лет или в результате вдыхания частиц, а также с пищей и водой при риске возникновения рака  $10^{-5}$  за 70 лет и токсикологических данных по предельно допустимой дозе на основе оценки отсутствия негативного воздействия в чувствительной людской популяции, рассчитанного по нижнему уровню негативного воздействия у животных с использованием поправочного коэффициента. Превышение триггерного уровня в почве запускает процедуру мониторинга сельхозугодий и дальнейших оценок по установлению (подтверждению или опровержению) опасности загрязнения. Целесообразность ремедиации оценивает уполномоченная организация с учетом типа почв, подвижности токсиканта и других специфических условий. Триггерные уровни разработаны для тех же функциональных зон, что и действенные, но в отношении большего числа подвижных соединений ХЭ, извлекаемых нитратом аммония. Для сельхозугодий и садово-огородных участков триггерные уровни в мг/кг составляют для валового As — 200 (50 при восстановительных условиях) и Hg — 5, подвижного Pb — 0,1 и Tl — 0,1 (по отношению к качеству получаемой продукции). Кроме того, для сельхозугодий разработаны триггерные ПДК подвижной формы ХЭ, достижение которых замедляет рост растений, мг/кг: 0,4 As; 1 Cu; 1,5 Ni; 2 Zn. Помимо указанных территорий, триггерные ПДК разработаны для четырех функциональных зон (табл. 3).

Предостерегающие уровни (табл. 4), разработанные для почв с повышенным техногенным воздействием, отражают вероятность возникновения в будущем проблем и необходимость предотвращения вероятного ущерба.

Для сельхозугодий (пашен и лугово-пастбищных территорий) по достижении триггерных и действенных значений в почве ограничивается перечень выращиваемых культур для снижения риска негативных последствий на организм человека, что близко по методической основе рос-

сийским ПДК, установленным по транслокационному показателю вредности. Таким образом, немецкая система нормирования содержания веществ в почвах исключительно ориентирована на защиту здоровья человека.

### Канадская система нормирования

В Канаде разработаны Soil Quality Guidelines (SQG<sup>3</sup>) валовой концентрации As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Ta, U, V и Zn, направленные на защиту здоровья человека, а также наземных организмов и почвенных процессов от негативных последствий (табл. 5) [8]. Первые ПДК предложены в 1991 г. и периодически пересматриваются. При их разработке учитывали литературные данные о поведении ХЭ в почве, токсичность для почвенной фауны и путей миграции в трофических цепях, в том числе с учетом потребления человеком вероятно загрязненных вод, кожных контактов, вдыхания пыли, потребления молока и мяса (разные входные параметры для возрастных групп (в годах): 0–0,5; 0,5–4; 5–11; 12–19 и более 20). ПДК, направленные на сохранение здоровья человека (human health guidelines), рассчитаны с учетом среднесуточного рациона (в том числе количества продуктов, полученных из личных хозяйств), потребления воды и поглощения пыли отдельно для пороговых и беспороговых токсикантов. Кроме того, уровни загрязнения почв учитывали для оценки переноса пыли с загрязненных участков при ветровой эрозии на незагрязненные, а также при наличии на удалении не более 10 км водоемов [8].

На сельскохозяйственных территориях предполагается выращивание культур и выпас скота, а также проживание и перемещение диких животных. Селитебно-парковые территории — ареалы для проживания и отдыха людей за исключением национальных и региональных парков. Коммерческие земли предназначены исключительно для коммерческих целей, например

строительства магазинов и торговых центров. Здесь не планируется поселение людей, выращивание сельскохозяйственной и промышленное производство. На промышленных территориях с ограниченным доступом находятся постройки для производства разнообразных продуктов. Для сельскохозяйственных, селитебных и парковых территорий предполагается сохранение 75 % видов организмов и почвенных процессов, а для коммерческих и промышленных — 50 %. В качестве итогового SQG выбрано минимальное значение, рассчитанное по экологическим характеристикам и возможному причинению вреда здоровью с учетом типичных фоновых концентраций веществ в почвах. SQG разработаны для применения на загрязненных территориях, т.е. реализуется подход "очистить до уровня", а не "загрязнить до уровня" [8]. Помимо федеральной системы нормирования в Канаде существуют нормативы, действующие на территориях отдельных штатов.

### Американская система нормирования

Нормирование содержания ХЭ в почвах США на федеральном уровне стало развиваться в 90-е гг. XX в. До этого времени существовали только законодательные акты отдельных штатов. Сейчас в стране развита многоуровневая система показателей для оптимизации мониторинга качества почв: общие рекомендации и нормативы федерального агентства по защите окружающей среды (EPA) и применяемые для конкретных управленческих решений законы штатов. В обосновании экологических контрольных значений (ecological soil screening values, Eco-SSLs) лежит опыт передовых в нормировании качества почв (на момент разработки) стран и публикации по токсикологическим опытам. Причем для металлов как микроэлементов, необходимых для нормального функционирования биоты, Eco-SSLs, с одной стороны, должны превышать фоновые величины [9], с

Таблица 4. Предостерегающие уровни содержания металлов в почвах Германии [7], мг/кг  
Table 4. Warning levels for metal content in soils of Germany [7], mg/kg

ХЭ	Тип почвы			Годовая нагрузка, г/га
	Глинистые	Суглинистые	Песчаные	
Cd	1,5	1,0	0,4	6
Cr	100	60	30	300
Cu	60	40	20	360
Hg	1,0	0,5	0,1	1,5
Ni	70	50	15	100
Pb	100	70	40	400
Zn	200	150	60	1200

другой, — быть адекватными для всей территории США, различающейся по составу пород и природным ландшафтам. Таким образом, Eco-SSLs являются не жесткими нормативами, позволяющими выделять "чистые" и "грязные" территории, а гибким инструментом, отделяющим участки, где в первоочередном порядке стоит оценивать актуальное состояние экосистем, от тех, где наличие техногенного загрязнения менее вероятно.

Региональные контрольные значения (regional screening levels, RSLs) Ag, Al, As, Ba, Cd, Cl, Co, Cr<sup>3+</sup>, Cr<sup>6+</sup>, Cu, F, Fe, I, Hg,

Таблица 5. Нормативы содержания ХЭ в почвах функциональных зон Канады [8], мг/кг  
Table 5. Generic SQGs for CE content in soils of Canada [8], mg/kg

ХЭ	Зона			
	Сельхоз-угодия	Селитебно-парковая	Коммерческая	Индустриальная
Ag	20	20	40	40
As	12	12	12	12
B	2	—	—	—
Ba	750	500	2000	2000
Be	4	4	8	8
Cd	1,4	10	22	22
Co	40	50	300	300
Cr <sup>6+</sup>	0,4	0,1	1,4	1,4
Cr	64	64	87	87
Cu	63	63	91	91
Hg	6,6	6,6	24	50
Mo	5	10	40	40
Ni	45	45	89	89
Pb	70	140	260	600
Sb	20	20	40	40
Se	1	1	2,9	2,9
Sn	5	50	300	300
Tl	1	1	1	1
U	23	23	33	300
V	130	130	130	130
Zn	250	250	410	410

<sup>3</sup>Для некоторых органических загрязнителей ПДК для каждой функциональной зоны рассчитаны отдельно для почв легкого и тяжелого гранулометрического состава.

**Таблица 6. Фоновые уровни содержания ХЭ в почвах России (Восточно-Европейская (В-Е) и Западно-Сибирская (З-С) равнины) [11] и мира [12], мг/кг**  
**Table 6. Background levels for CE content in the soils of Russia (East European (B-E) and West Siberian (W-C) plains) [11] and the world [12], mg/kg**

ХЭ	В-Е	З-С	Мир
As	–	–	3–7
Ba	–	373–1360	315–580
Cd	–	–	0,04–0,18
Co	1–19	1–23	7–13
Cr	42–117	5–190	42–200
Cu	2–46	5–100	11–15
Ni	8–46	7–100	13–50
Pb	8–17	5–35	10–35
V	–	5–140	55–100
Zn	10–166	10–120	31–90

Li, Mn, Mo, Sb, Se, Sn, Zr регулируют необходимость мониторинга и инициации ремедиации [10]. Однако фактически RSLs не являются стандартами для очищения, а необходимы как помощь для выявления условий, конкретных загрязнителей и территорий, где необходимо дальнейшее внимание федеральных властей. Если полученные значения ниже RSLs, то дальнейшие исследования на рассматриваемой территории не требуются. Если уровень превышен, то это не ведет к автоматическому причислению территории к загрязненной, а определяет необходимость оценки потенциального местоспецифического риска загрязнения. На начальных стадиях процесса принятия решений это важно для выбора вариантов ремедиации. При моноэлементном загрязнении используется  $TRQ = 1$  (коэффициент наибольшей опасности), при полиэлементном —  $TRQ = 0,1$ .

Региональные выемочные управленческие уровни (regional removal management levels, RMLs) вычислены с помощью оценки риска без учета местных особенностей и необходимы для выявления территорий, загрязнителей и условий, на которых

могут быть санкционированы действия по удалению вещества (removal action). Территории с содержанием загрязнителей ниже RMLs не обязательно являются "чистыми": дальнейшие работы там могут попасть под особую федеральную программу. На участках с превышениями RMLs также необязательно требуется удаление грунта. Например, это зависит от содержания вещества на фоновой территории. RMLs соответствуют наибольшему уровню риска ( $10^{-4}$ ) и/или  $HQ > 3$  для долговременного воздействия отдельного вещества в конкретном месте ( $HQ < 3$  используется при моноэлементном загрязнении). Действия санкционируются при  $HQ > 1$  для неканцерогенных веществ.  $HQ = 3$  выбран как верхний предел для вычисления неканцерогенных RMLs.  $HQ = 1$  может быть использован при полиэлементном загрязнении. Конечное решение о наличии или отсутствии загрязнения принимается по итогам местоспецифических работ с использованием нормативов, разработанных в отдельном штате, согласно имеющимся методикам [10]. Значения RSLs As (0,68 мг/кг), Hg (1,1), Mn (180) и Sb (3) ниже российских ПДК и превосходят их только по  $Cr^{6+}$  (0,3). По ряду других элементов американские RSLs также не могут быть рассмотрены как подходящие для российских реалий, например, по Co (23 мг/кг) и Fe (0,55 %) за счет слишком низких значений, а Cd (7,1 мг/кг) и Cu (310) — слишком высоких. Только по Ba (1500) американский норматив выше фоновых концентраций в почвах Восточно-Европейской (В-Е) и Западно-Сибирской (З-С) равнин (табл. 6).

### Российская система нормирования

В основе российских ПДК лежат четыре показателя вредности: общесанитарный (для Mn,

Pb, S, V), транслокационный (As и Hg), водно-миграционный (Sb) и воздушно-миграционный (органические полотанты). ПДК по общесанитарному показателю вредности соответствует водорастворимому количеству ХЭ, внесенному в песчаный (с 2% физической глины) безгумусный субстрат, при котором микробиологическая активность и биохимические показатели уменьшаются относительно контроля не менее, чем на 50 и 25% соответственно. ПДК по транслокационному показателю вредности установлен<sup>4</sup> при выращивании растительной продукции на почвах, загрязненных водорастворимой формой ХЭ, с последующим учетом рациона человека и содержания нормируемого ХЭ в питьевой воде. Устойчивость и изменение подвижности ХЭ рекомендуется оценивать в разных типах почв и одном типе с отличающимися физико-химическими свойствами: гумусностью, кислотностью и влажностью. Последнее к настоящему времени реализовано только в отношении подвижного Mn и в меньшей мере — подвижных Co и Fe, а также водорастворимого F. ОДК для валовой концентрации в почве Ni, Pb, Cu, Zn, Cd и As разработаны с учетом уровня реакции среды и гранулометрического состава почв.

Российские ПДК применимы для селитебной зоны и зон санитарной охраны источников водоснабжения (ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве), несмотря на то, что отражает максимальный уровень ХЭ в пахотном слое, не вызывающий отрицательного влияния на здоровье человека и экологические функции почвы (Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве, 1982 г.).

В результате анализа средних концентраций ХЭ в фоновых почвах России и зарубежных ПДК<sup>5</sup> установлено, что нормативы Нидерландов и Финляндии, определяющие уровни административного вмешательства (т.е. выполняющие сходную индикаторную роль и в российском нормировании), для наибольшего количества ХЭ

<sup>4</sup>Рекомендовалось использовать преобладающие в конкретном регионе почвы, содержащие до 20 % физической глины и 2 % гумуса, известное количество нормируемого ХЭ в валовой и подвижной форме, с определенными заранее влагоемкостью, емкостью поглощения и величиной pH; учитывать производственные процессы, использующие ХЭ, пути его поступления в почву, токсичность, а также уже имеющиеся ПДК в воздухе и воде и утвержденные методы обнаружения.

<sup>5</sup>Для сравнения взяты нормативы, используемые для земель сельскохозяйственного назначения и/или селитебной зоны.

превышают типичные фоновые значения для Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин и могут быть рекомендованы в качестве альтернативы при отсутствии российских нормативов тех или иных ХЭ и оценке состояния почв различных функциональных зон (см. табл. 1–6). Канадские ПДК преимущественно находятся в пределах диапазона фоновых величин.

### Заключение

Использование в российских реалиях нормативов качества

почв зарубежных стран, сходных с Россией по климатическим условиям и набору почв, рационально в случаях, когда средние содержания соответствующего ХЭ в фоновых почвах не превышают значения нормативов.

Используя зарубежные нормативы, необходимо учитывать специфику нормирования в каждой конкретной стране и понимать, для чего в ней используется тот или иной критерий. Так, для обоснования производственно-хозяйственных нормативов могут быть исполь-

зованы директивные уровни Финляндии и голландские уровни вмешательства; для оценки почв детских площадок и жилой зоны — триггерные уровни Германии, для селитебно-парковых зон и сельхозугодий — соответствующие канадские нормативы.

С учетом типичных уровней ХЭ в фоновых почвах России и международных нормативов в целях оценки качества почв может быть использовано значение валового содержания Со — 100 мг/кг, ПДК и ОДК которого отсутствуют в России.

Исследование выполнено в рамках проекта Российского научного фонда 17-77-20072.

### Литература

1. Carinon C. Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. Ispra, European Commission, 2007. 306 p.
2. Brand E., Bogte J., Baars B.-J., Janssen P., Tiesjema G., van Herwijnen R., van Vlaardingen P., Verbruggen E. Proposal for Intervention Values Soil and Groundwater for the 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Series of Compounds. RIVM, 2012. 114 p.
3. Crommentuijn T., Sijim D., de Bruijn J. et al. Maximum permissible and negligible concentrations for metals and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations. Journal of Environmental Management. 2000. Vol. 60. P. 121–143.
4. Lijzen J.P.A., Baars A.J., Otte P.F., Rikken M.G.J., Swartjes F.A., Verbruggen E.M.J., van Wezel A.P. Technical Evaluation of the Intervention Values for Soil. Sediment and Groundwater. RIVM Report 711701. 2001. 147 p.
5. Soil Remediation Circular. 2009. 57 p. [Электронный ресурс]. URL: [www.esdat.net](http://www.esdat.net) (дата обращения 10.12.2018).
6. Jarva J. Geochemical baselines in the assessment of soil contamination in Finland. Espoo, Geological Survey of Finland, 2016. 52 p.
7. BBodSchV. Bundes-Bodenschutz-und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999. Bundesgesetzblatt I, 1554. 33 p.
8. CCME. Canadian Council for Ministers for the Environment. 2018. Canadian Environmental Quality Guidelines. [Электронный ресурс]. URL: <http://sts.ccme.ca/en/index.html> (дата обращения 10.12.2018).
9. Eco-SSLs. Guidance for Developing Ecological Soil Screening Levels (Eco-SSLs). Review of Existing Soil Screening Benchmarks. 1999. 91p.
10. EPA. Environmental Protection Agency. Risk Assessment. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.epa.gov/risk> (дата обращения 10.12.2018).
11. Семенков И.Н. Формы нахождения металлов в сульфидных тундровых, таежных, подтаежных и лесостепных почвенно-геохимических катенах: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2016. 24 с.
12. de Caritat P., Reimann C., Bastrakov E. et al. Comparing results from two continental geochemical surveys to world soil composition and deriving Predicted Empirical Global Soil (PEGS2) reference values. Earth and Planetary Science Letters. 2012. Vol. 319–320. P. 269–276.

### References

1. Carinon C. Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. Ispra, European Commission, 2007. 306 p.
2. Brand E., Bogte J., Baars B.-J., Janssen P., Tiesjema G., van Herwijnen R., van Vlaardingen P., Verbruggen E. Proposal for Intervention Values Soil and Groundwater for the 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Series of Compounds. RIVM, 2012. 114 p.
3. Crommentuijn T., Sijim D., de Bruijn J. et al. Maximum permissible and negligible concentrations for metals and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations. Journal of Environmental Management. 2000. Vol. 60. P. 121–143.
4. Lijzen J.P.A., Baars A.J., Otte P.F., Rikken M.G.J., Swartjes F.A., Verbruggen E.M.J., van Wezel A.P. Technical Evaluation of the Intervention Values for Soil. Sediment and Groundwater. RIVM Report 711701. 2001. 147 p.
5. Soil Remediation Circular. 2009. 57 p. [Электронный ресурс]. URL: [www.esdat.net](http://www.esdat.net) (дата обращения 10.12.2018).
6. Jarva J. Geochemical baselines in the assessment of soil contamination in Finland. Espoo, Geological Survey of Finland, 2016. 52 p.
7. BBodSchV. Bundes-Bodenschutz-und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999. Bundesgesetzblatt I, 1554. 33 p.
8. CCME. Canadian Council for Ministers for the Environment. 2018. Canadian Environmental Quality Guidelines. [Электронный ресурс]. URL: <http://sts.ccme.ca/en/index.html> (дата обращения 10.12.2018).
9. Eco-SSLs. Guidance for Developing Ecological Soil Screening Levels (Eco-SSLs). Review of Existing Soil Screening Benchmarks. 1999. 91p.
10. EPA. Environmental Protection Agency. Risk Assessment. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.epa.gov/risk> (дата обращения 10.12.2018).
11. Semenov I.N. Formy nakhozhdeniya metallov v suglinistykh tundrovyykh, taezhnykh, podtaezhnykh i lesostepnykh pochvenno-geokhimicheskikh katenakh: Avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. M., 2016. 24 s.
12. de Caritat P., Reimann C., Bastrakov E. et al. Comparing results from two continental geochemical surveys to world soil composition and deriving Predicted Empirical Global Soil (PEGS2) reference values. Earth and Planetary Science Letters. 2012. Vol. 319–320. P. 269–276.

И.Н. Семенков – канд. геогр. наук, науч. сотрудник, МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991 Россия, г. Москва, Ленинские горы 1, e-mail: [semenkov@geogr.msu.ru](mailto:semenkov@geogr.msu.ru)  
 • Т.В. Королева – канд. геогр. наук, зав. лабораторией, e-mail: [korolevat@mail.ru](mailto:korolevat@mail.ru)

I.N. Semenov – Cand. Sci. (Geogr.), Research Scientist, Lomonosov Moscow State University 119991 Russia, Moscow, Leninsky Gory 1, e-mail: [semenkov@geogr.msu.ru](mailto:semenkov@geogr.msu.ru) • T.V. Korolyeva – Cand. Sci. (Geogr.), Head of Laboratory, e-mail: [korolevat@mail.ru](mailto:korolevat@mail.ru)