

23. Masscheleyn, P.H.; Tack, F.M.; Verloo, M.G. (1999). A model for evaluating the feasibility of an extraction procedure for heavy metal removal from contaminated soils. *Water, Air, and Soil Pollution*, 113:63-76
24. MBC, "Biological Resources Assessment of the Temporary Partial Diversion of Water From San Diego Creek," Report prepared by MBC Applied Environmental Sciences, Costa Mesa, CA for CH2M Hill, December (1995).
25. MBC, "Irvine Ranch Water District Upper Newport Bay and Stream Augmentation Program," Final Report, Irvine Ranch Water District, Irvine CA, (1980). 146-183.
26. Naggar M.E., Shaaban S.A., Abdel-Hamid M.I., Aly Elham M.: Effects of treated sewage on the water quality and phytoplankton populations of Manzala Lake (Egypt) with emphasis on biological assessment of water quality", Department of Botany, Faculty of Science, Uinversity of Mansoura, Egypt, *New Microbiol.*, 1997, 20(3) 253-276.
27. Santa Ana Regional Water Quality Control Board, "Waste Discharge Requirements for the Irvine Ranch Water District's Michelson Reclamation Plant," September (1994).
28. Scharenberg W., Gramman P. and Pfeiffer H. (1994): Bioaccumulation of heavy metals and organochlorines in a lake ecosystem with special reference to bream (*Abramis brama*), *The Science of Total Environment* 155, 187-197.
29. Tack, F.M.G.; Singh, S.P.; Verloo, M.G. (1997). Comparison of ashing procedures for the determination of trace elements in plant leaves. *Agrochimica*, 41:182-185.
30. Teodorović I.: The index of metal pollution- an addendum to surface water monitoring, Andrejević Foundation, Beograd 2001, 11-15, 17-21, 24-30, 57, 57-67, 77-84.

УДК 504.064

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ И БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

**А. И. СЫСО**

*Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения  
Российской академии наук (г. Новосибирск)  
syso@mail.ru*

Анализ наиболее актуальных эколого-биогеохимических проблем мира и России указывает на то, что наряду наиболее обсуждаемой, но часто локальной, проблемой техногенного загрязнения компонентов окружающей среды, все острее и глобальнее становится проблема истощения плодородия почв сельскохозяйственных угодий, и как следствие ухудшения минеральной и биохимической полноценности растительной и животноводческой продукции. Сочетание этих проблем губительно действует на растительные и животные организмы, качество жизни и здоровье человека [1, 2].

При решении вопросов гигиенической и биогеохимической оценки качества почв и растительной продукции все более актуальной становится проблема узкого перечня и недостаточной конкретности, универсальности и научной обоснованности необходимых для этого нормативов. В отношении почв, экологическое нормирование количества в них контролируемых химических веществ должно учитывать научно-обоснованный безопасный уровень

их концентрации в почвах, выполнение ими как глобальных функций в биосфере, так и утилитарных — хозяйственные и санитарно-гигиенические функций.

Для оценки плодородия и экологической безопасности почв, их способности выполнять глобальные и утилитарные функции, разработаны качественно-количественные агрохимические, биогеохимические и санитарно-гигиенические критерии. Хотя все критерии направлены на один объект — почвы, но между собой они недостаточно согласованы, что, с одной стороны, существенно сужает их информационный потенциал, научную обоснованность и объективность, а с другой стороны, чрезмерно расширяет перечень методов определения статуса химических элементов в почвах.

Практика использования органами Санэпидемнадзора, Россельхознадзора и Росприроднадзора, а также учеными и специалистами-экологами действующих российских гигиенических нормативов санитарной оценки качества почв показала, что её результаты нередко становятся основаниями для возбуждения административных и уголовных дел, общественных протестов в отношении промышленных и сельскохозяйственных предприятий даже при отсутствии факта и источника загрязнения окружающей среды. При этом наблюдаются явные противоречия между санитарно-гигиенической оценкой почв и агрохимической, биогеохимической и геохимической оценкой содержания и статуса химических элементов в почвах регионов, обеспеченности растений, животных и человека макро- и микроэлементами.

На указанные противоречия давно обращали внимание российские и зарубежные ученые (В. Н. Башкин, В. Б. Ильин, Л. П. Капелькина, Г. В. Мотузова и др.), анализирувавшие научную обоснованность количественных значений российских гигиенических нормативов качества почв с позиций естественных наук, миграции химических элементов в наземных экосистемах, мирового опыта нормирования и т. д.

Исходная причина противоречия между санитарно-гигиеническими и другими критериями оценки почв видится в том, что «Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве» [3] предписывали санитарным врачам устанавливать предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почвах в лабораторных экспериментах с внесением водорастворимой формы веществ в песчаные и супесчаные почвы. Исследования же должны вестись только в учреждениях гигиенического профиля.

Таким образом, специалисты по коммунальной гигиене экспериментально устанавливали значения ПДК по водорастворимой форме химических веществ в почве. При этом гигиенисты-разработчики рекомендаций и ПДК игнорируют то, что для тяжелых металлов и мышьяка водорастворимая форма составляет малую долю от их валового содержания в почвах. Но как показывает история, санитарные врачи фактически игнорируют знания об элементном химическом составе и свойствах почв, агрохимии, биогеохимии, химии и геохимии макро- и микроэлементов, о потребности в них растений и животных. Это негативно сказалось на обоснованности как советских, так и российских гигиенических нормативов качества почв, чохом распространенных на все категории земель, а также на грунтах, донные отложения водоемов.

Проведенный профессором В. Б. Ильиным [4] анализ генезиса ПДК химических веществ в почвах СССР показал, что при их разработке: «Исходным материалом для начального варианта, по-видимому, послужили данные о содержании химических элементов в почвах Подмосковья, как определялась величина добавок — сказать трудно. Применение таких ПДК за пределами этой территории оказалось не только проблематичным, но и социально опасным, так как во многих природных регионах СССР естественное (фоновое) содержание некоторых химических элементов-загрязнителей было значительно выше предложенного норматива. Начался поиск «виновников загрязнения».

При этом большинство «экологов» восприняло ПДК как предел, превышение которого катастрофично. Однако в выше названных «Методических рекомендациях...» [3] указано, что «ПДК химического вещества в почве — это то максимальное количество химического вещества (исчисляемого в мг/кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы) которое не вызывает прямого или опосредованного отрицательного влияния на здоровье человека и самоочищающую способность почвы». То есть, отечественные ПДК химических веществ в почвах — не красная черта, преодоление которой губительно для окружающей среды, а некий административно и юридически узаконенный, ранее Главным врачом СССР, а ныне Главным санитарным врачом РФ, наибольший уровень содержания химических веществ испытанный в лабораторных экспериментах по указанным выше методическим рекомендациям. По мнению самих разработчиков и В. Б. Ильина «запас прочности» отечественных ПДК в отношении валового содержания тяжелых металлов и мышьяка составляет порядок и более. Это подтверждает сопоставление критических уровней российских и зарубежных нормативов загрязнения почв.

С момента первоначального введения в 1976-1987 гг. ПДК химических веществ в почвах, гигиенические нормативы в отношении макро- и микроэлементов научно и методически мало совершенствовались. Если же это происходило, например введение 2014 г. ПДК оксида бериллия в почвах [5], которое оказалось ниже кларка этого элемента в земной коре и почвах мира [1], Западной Сибири [6], а также было приведено на оксид бериллия, в то время как геологи, геохимики, почвоведы и другие ученые выражают концентрацию бериллия в горных породах, почвах, растения в расчете на элемент. Таким образом, научно-методические недостатки в разработке нормативов с почвенно-агрохимических, биогеохимических и геохимических, химико-аналитических позиций, сохраняются до сих пор, а последние «модернизация» и «повышение правового статуса» нормативов сделали их еще более несуразными, позорящими отечественную науку. Сказанное подтвердим примерами.

Первый пример. В гигиенических нормативах 1976-1980 гг. значения ПДК мышьяка, свинца, шестивалентного хрома и ртути приводились без учета их фонового содержания в почвах (табл. 1). Так, в ПДК 1980 г., указано «ПДК свинца 20 мг/кг без учета среднего фон, равного 12 мг/кг (А. П. Виноградов. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М. 1950, стр. 220)» [7]. Разработчики гигиенических нормативов знали о необходимости учета фонового содержания нормируемых химических элементов в почвах регио-

нов для оценки их загрязнения. Они сложили величину ПДК по водорастворимой форме свинца в песке (20 мг/кг) со средним его валовым содержанием в почвах (12 мг/кг), вероятно посчитав, что в техногенных веществах и почвах, содержащих свинец в количестве более 12 мг/кг, элемент находится в водорастворимой форме. Так появилось значение ПДК валового содержания свинца в 32 мг/кг почвы с учетом фона в СанПиН 42-128-4433-87 [8].

Таблица 1

**Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве (ПДК) [7]**

№ п/п	Наименование вещества	ПДК мг/кг почвы	Методы определения
7.	Мышьяк	2,0	см. Приложение № 1
19.	Свинец*	20,0	см. утвержденные ПДК № 1968-79 от 21.02.1979
20.	Хром6+	0,05	
21.	Ртуть	2,1	

(\*) ПДК свинца 20 мг/кг без учета среднего фон, равного 12 мг/кг [А. П. Виноградов. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М., 1950. С. 220].

Второй пример. По указанному выше принципу, гигиенисты должны были сложить экспериментально установленное ПДК водорастворимого мышьяка в песке — 2,0 мг/кг без учета фона с величиной его кларка в почвах — 5 мг/кг, что дало бы величину ПДК мышьяка в почвах с учетом фона (кларка) — 7 мг/кг. Но по какой-то причине это не было сделано ни в отношении мышьяка, ни других нормируемых ПДК химических элементов (табл. 2). И до сих пор вопреки научным знаниям о природном количестве и статусе мышьяка в почвах регионов, транслокации в растения, оценку валового содержания мышьяка в почвах России требуются вести по ПДК 2 мг/кг почвы.

Таблица 2

**Значения ПДК/ОДК, агрохимических и биогеохимических критериев оценки содержания макро- и микроэлементов в почвах, в мг/кг абсолютно-сухой почвы**

Наименование вещества, оцениваемая форма	ПДК/ОДК	Кларк (фон) в почвах	Агрохимические/биогеохимические пределы		
			дефицит	норма	избыток
1	2	3	4	5	6
Валовое содержание					
Свинец (Pb) валовой	32/32-132	10,0	-	-	-
Мышьяк (As)	2,0/2,0-10,0	5,0	-	-	-
Ванадий (V)	150,0/-	100	-	-	-
Ртуть (Hg)	2,1/-	0,001	-	-	-
Сурьма (Sb)	4,5/-	1,0	-	-	-
Марганец (Mn) валовой	1500/-	850	<300/ <400	300-2200/ 400-3000	>2200/ >3000
Цинк (Zn) валовой	-/55-220	50	<15/<30	15-110/30-70	>110/>70
Медь (Cu) валовая	-/33-132	20	<5-7/<6-15	7-50/15-60	>50/>60
Кобальт (Co) валовой	-		<2-3/<2-7	/7-30	>22/>30

1	2	3	4	5	6
Подвижные (подв.) и водорастворимая (вр.) формы					
Нитраты подв. (по NO <sub>3</sub> )/(на N-NO <sub>3</sub> )	130,0/ 29,4	-	<89 /<20	89-222 /20-50	>222 />50
КЖУ** подв. (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	27,2	-	<50	50-200	>200
Суперфосфат (по P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	200,0	-	<50	50-200	>200
Хлорид калия (по K <sub>2</sub> O)	360 (560)	-	<100	100-600	>600
Серная кислота (по S)	160,0	-	<6	6-12	>12
Марганец (Mn) подв.	140,0	-	<10,0	10,1-20,0	>20,0
Цинк (Zn) подв.	23,0	-	<2,0	2,1-5,0	>12,0
Медь (Cu) подв.	3,0	-	<0,20	0,21-0,50	>0,50
Кобальт (Co) подв.	5,0	-	<0,15	0,16-0,30	>0,30
Фтор (F) подв.	2,8	-	-	-	-
Фтор (F) вр.	10,0	-	-	-	-

Примечания: прочерк (-) — значение не установлено; для валового количества элементов в числителе агрохимические, а в знаменателе биогеохимические пределы; для подвижных форм макро- и микроэлементов даны агрохимические пределы.

Проведенное нами изучение природного уровня валового содержания мышьяка в почвах разных регионов России показало, что в них значение его среднего (медиана) количества в почвах существенно выше ПДК 2 мг/кг почвы (рис. 1). Проведенные исследования доказали научную несостоятельность действующего в России ПДК мышьяка в почвах в 2 мг/кг. Она заключается в том, что первоначально это значение было установлено как ПДК водорастворимой формы мышьяка в почве, а затем принято в качестве ПДК общего его количества почвах России без учета природного содержания элемента в почвах страны и мира, что явилось грубейшей ошибкой разработчиков норматива. В большинстве регионов России естественное содержание мышьяка в почвах выше ПДК в 2 мг/кг и ее нельзя использовать для оценки почв, поскольку это ведет к ошибке определения их экологического состояния.

Третий пример. Научная и гигиеническая обоснованность ПДК в почвах общего количества ванадия, сурьмы и марганца, подвижных форм нитратного азота, фосфора, калия, серы, марганца, цинка, меди, кобальта, хрома, никеля, свинца, фтора, водорастворимого фтора остается тайной. Публикаций по этому вопросу найти невозможно. Вероятно это закрытая санитарная информация. Открытая же агрохимическая и биогеохимическая информация ставит под сомнение научную обоснованность действующих ПДК в отношении макро- и микроэлементов.

Так ПДК валового марганца в почвах — 1500 мг/кг нельзя признать научно обоснованным. По агрохимическим и биогеохимическим критериям оно находится в пределах его среднего (нормального) количества в почвах (табл.), не вызывающего в природе ни каких аномалий. То же можно сказать о ПДК подвижной формы нитратов, фосфора и калия в почвах, ПДК последнего ранее была 560 [8], а ныне 360 мг/кг [9].

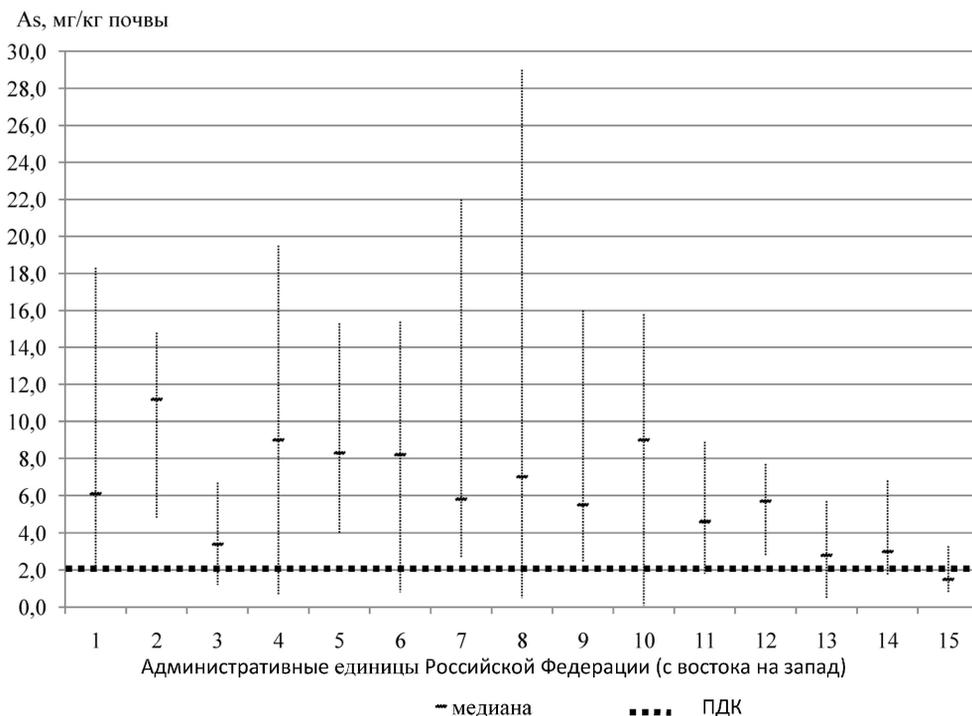


Рис. 1. Пределы варьирования и медианные значения концентрации мышьяка в почвах разных административных единиц средней полосы России:

Номера обозначения регионов и количество проанализированных проб почв (n):  
 1 — Сахалинская область (n=34); 2 — Хабаровский край (8); 3 — Амурская область (81); 4 — Республика Якутия (Алданский район)(n80); 5 — Иркутская область (n=16); 6 — Красноярский край (n=29); 7 — Томская область (28); 8 — Новосибирская область (n=182); 9 — Омская область (n=31); 10 — Тюменская область (n=107); 11 — Чувашская Республика (n=16); 12 — Республика Татарстан (n=18); 13 — Нижегородская область (n=19); 14 — Рязанская область (n=5); 15 — Владимирская область (n=6)

Четвертый пример является подтверждением низкой научной и химико-аналитической компетентности разработчиков и «модернизаторов» ПДК подвижной и водорастворимой форм фтора в почвах — 2,8 и 10,0 мг/кг почвы соответственно [8, 9]. В последнем документе не указаны методы определения форм фтора, в результате получилось, что для фтора водорастворимого ПДК выше, чем для включающей его подвижной формы фтора. Само ПДК подвижного фтора 2,8 мг/кг вызывает сомнение в его обоснованности, поскольку исходно это значение предусматривало определение элемента в вытяжках из почв весьма трудоемким и недостаточно точным методом, рекомендуемым для измерения элемента в диапазоне от 3,0 до 30,0 мг/кг почвы [8].

Обзор публикаций о фторе в почвах и определение его форм в почвах доказали научную несостоятельность действующего в России гигиенического норматива оценки содержания в почвах подвижного фтора — 2,8 мг/кг, опре-

деляемого колориметрически после отгонки из вытяжки кремнийфтористоводородной кислоты по реакции с ализарин-комплексом и нитратом церия и ионометрически — фтор-селективным электродом.

Параллельное исследование в неоднородных по составу и свойствам почвах форм фтора, извлекаемого различными экстрагентами и определяемого разными методами, выполненное Г. А. Конарбаевой, показало следующее (рис. 2). Концентрация водорастворимого фтора, измеряемая ионометрически, в среднем выше на 20% концентрации подвижного фтора (в 0,03н. K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) измеряемой этим же методом и в два раза определяемой колориметрически после отгонки. Таким образом, полученные результаты исследования говорят о том, что колориметрический метод определения подвижного фтора в почвах исходно был непригоден для их гигиенической оценки. Причины: 1) большие потери фтора при отгонке; 2) недостаточная чувствительность метода и значения измеряемых концентраций от 3,0 до 30,0 мг/кг, превышающие принятое для колориметрического метода количество ПДК подвижного фтора — 2,8 мг/кг. Это ПДК подвижного фтора, принятое для колориметрического метода, следует исключить из гигиенических нормативов и нельзя использовать при ионометрическом определении фтора в экстракте, а следует пользоваться ПДК 10 мг/кг почвы.

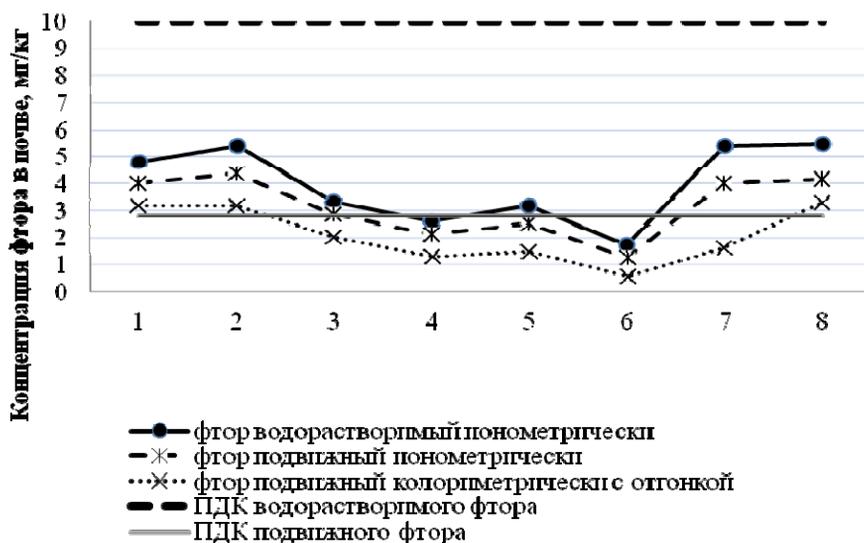


Рис. 2. Уровни концентраций водорастворимого и подвижного фтора в почвах, определяемые разными методами и их экологическая оценка

Таким образом, российские гигиенические нормативы ПДК химических веществ в почвах нельзя признать соответствующими современным научным знаниям о содержании, а также агрохимическом, биогеохимическом, химическом статусе макро- и микроэлементов в почвах России и мира, о способности почв инактивировать поллютанты и ограничивать их миграцию в растения и воды. Причина этого в порочности системы разработки ПДК — только сани-

тарными врачами в учреждениях гигиенического профиля. В гигиенических нормативах есть методическая основа для их совершенствования. Но оно возможно только при участии в нем, как санитарных врачей, так и агрохимиков, биогеохимиков, геохимиков, почвоведов, химиков.

Данные учреждений агрохимической службы юга Западной Сибири (табл. 3), а также результаты наших исследований подтвердили все более укрепляющееся мнение о том, что большинство почв и сельскохозяйственной продукции на территории Западной Сибири экологически чистые и проблемы загрязнения их мышьяком и тяжелыми металлами здесь нет. Это мнение подтверждают результаты изучения содержания макро- и микроэлементов в растительной продукции на сельскохозяйственных угодьях Западной Сибири (табл. 4).

Таблица 3

**Содержание тяжелых металлов в почвах сельхозугодий Западной Сибири (по данным агрохимической службы на 2014 г., от В.М. Красницкого)**

Край, область	Валовые кислоторастворимые формы						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	Ni	Co
Омская	17,4 13,6-19,3	0,57 0,45-0,70	22,3 17,4-24,5	60,5 46,7-67,3	45,8 37,2-48,7	36,3 31,3-41,2	13,8 12,6-17,9
Кемеровская	18,4 9,2-61,5	0,89 0,24-4,40	19,2 11,3-31,9	51,0 18,8-261	32,6 14,4-61,8	29,6 9,3-50,4	12,9 8,2-82,6
Новосибирская	13,3 12,1-14,5	0,13 0,01-0,25	14,6 5,3-24,0	-	-	-	3,3 1,0-5,6
Томская	21,4 9,8-26,7	0,28 0,20-0,30	10,4 8,3-15,8	42,9 35,0-47,0	22,4 9,0-22,4	38,4 21,3-57,3	-
Алтайская	12,9	0,33	17,3	44,5	-	-	-
ПДК(ОДК)	130	2,0	132	220	100	80	-

Примечание: Прочерк (-) нет данных; числитель — среднее, знаменатель — минимум-максимум.

Представленные в табл. 4 результаты изучения содержания и соотношения химических элементов в кормовых травах на сенокосах и пашнях, показали неблагоприятную картину их минеральной полноценности и безопасности как корма для животных. Причины этого следующие. Во-первых, в большинстве кормовых трав уровень концентрации кобальта, меди, молибдена, цинка оказался меньше значений нижнего критического (порогового) уровня концентрации [2,10-12], что предполагает дефицит изученных микроэлементов в рационе питания животных и вероятность их заболевания. Во-вторых, в некоторых кормовых травах наблюдается неблагоприятное — меньше нормы отношение между кальцием и стронцием (Ca/Sr) и кальцием и фосфором (Ca/P), также чреватое болезнями животных. В аграрных районах Сибири не выявлено существенного превышения в кормовых травах максимально-допустимого уровня (МДУ) тяжелых металлов, по российским критериям, а тем более максимально допустимой концентрации (МДК), по зарубежным критериям. Не-

которое превышение МДУ хрома в кормовых травах лесостепи Барабинской низменности и степи Кулундинской равнины мы связываем не с техногенным загрязнением растений хромом, с преимущественно слабощелочной реакцией среды почв, способствующей подвижности хрома в почве и поглощению его растениями, а также загрязнением травяных кормов почвенной пылью. Представленная оценка элементного химического состава (ЭХС) кормовых трав юга Сибири характерна для кормовых трав России и мира — повсеместно наблюдается дефицит меди и цинка и лишь локально наблюдается их загрязнение свинцом, кадмием и другими тяжелыми металлами.

Таблица 4

**Среднее содержание и соотношение химических элементов сене злаковых и бобовых многолетних трав на сенокосах и пастбищах, сенаже из смешанных посевов пшеницы и овса на пашнях, мг/кг на абсолютно-сухое вещество**

	V	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	Ca/Sr	Ca/P
Тавда-Тобольское междуречье, подтайга													
Злаки	5	0,2	0,1	0,1	3	55	70	0,1	1,5	0,2	8	102	0,2
Бобовые	19	0,2	0,3	0,4	8	54	78	0,7	1,5	0,9	9	78	0,2
Васюганское плато, южная тайга													
Злаки	4	0,2	0,1	0,1	3	38	46	0,4	0,9	0,1	10	133	0,2
Бобовые	18	0,2	0,2	0,4	6	57	38	0,8	2,3	0,5	16	118	2,5
Сенаж	2	0,1	0,1	0,3	4	58	61	0,3	2,0	0,6	23	148	0,2
Барабинская низменность, северная лесостепь													
Злаки	11	0,1	0,2	0,4	8	49	20	0,6	1,0	0,8	17	34	0,6
Бобовые	26	0,1	0,3	0,5	9	84	25	2,0	1,4	1,5	27	19	1,6
Сенаж	4	0,1	0,2	0,3	4	86	54	0,4	1,8	0,8	24	104	0,4
Барабинская низменность, южная лесостепь													
Злаки	7	0,1	0,2	1,0	4	87	44	0,9	0,7	0,4	14	52	0,5
Бобовые	18	0,1	0,3	1,5	6	84	26	1,2	1,0	0,7	17	33	1,6
Сенаж	2	0,1	0,1	1,2	3	36	30	0,7	1,2	0,2	18	88	0,4
Кулундинская равнина, колючая степь													
Злаки	12	0,1	0,3	0,6	5	86	39	0,9	1,4	1,1	19	65	0,3
Бобовые	31	0,1	0,4	1,1	12	123	27	1,2	2,1	1,8	23	39	1,5
Сенаж	14	0,1	0,3	0,6	7	53	23	0,5	1,4	0,8	31	70	0,1
Биогеохимические и гигиенические нормативы полноценности и безопасности кормов													
Норма <sup>1*</sup>	1-30	-	0,3-1	-	5-10	50-70	40-60	2-3	-	-	30-60	>80	1,0-2,0
МДУ <sup>2</sup>	-	0,3	1,0	0,5	30	100	-	3,0	3,0	5,0	50	-	-
КП <sup>3</sup>	-	-	<0,1	-	<8	<50	<40	<0,5	-	-	<30	-	-
МДК <sup>4</sup>	-	-	-	-	100	1000	1000	-	-	-	500	-	-

Примечания:

1 Норма — биогеохимическая норма содержания и соотношения элементов в кормах по В.В. Ковальскому [2], а также по [10];

<sup>2</sup> МДУ — максимально допустимый уровень концентрации элементов в грубых кормах по [2];

<sup>3</sup> КП — критический предел (нижний предел нормы или минимально допустимое содержание элемента, после чего наступает явный дефицит его животным), по [11, 12];

<sup>4</sup> МКД — максимально допустимая концентрация в кормах, по [11].

Исследования показали существенные отличия злаков (Poaceae) от бобовых (Fabaceae) растений по ЭХС (табл. 4). Бобовые больше, чем злаки, накапливают В, Со, Сг, Сu, Мо, Ni, Pb, и имеют меньшие значения (более неблагоприятные) отношения Са/Sr и большие значения отношения Са/P. Последнее обусловлено большим накоплением кальция бобовыми растениями. Неблагоприятное же отношение Са/P в злаках может обусловлено не избытком фосфора в растениях, а недостатком в них кальция, тенденция дефицита которого, наряду с магнием, наблюдается не только в Сибири, но и в других регионах России и мира.

В целом изучение ЭХС кормовых растений на юге Сибири свидетельствует о зависимости его как от особенностей потребности растений в элементах минерального питания и способности поглощать их из почв, от ландшафтно-геохимической специфики содержания в почвах химических элементов, их подвижности, от уровня плодородия почв и тенденции его изменения. Последняя — негативная, поскольку повсеместно наблюдается деградация плодородия почв, в том из-за усиления дефицита в них Са, Mg, P, Cu, Zn и других эссенциальных элементов. Кроме того на ЭХС растений влияет синергизм и антагонизм элементов, проявляющийся в почвах и системе почва-растение.

Представленные выше результаты исследований подтвердили данные предшествовавшего мониторинга элементного химического состава почв и сельскохозяйственных культур юга Западной Сибири, выполненного с целью выяснения тенденций его изменения. При этом было установлено, что на почвах сельхозугодий юга Западной Сибири, имеющих общее содержание эссенциальных микроэлементов (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Mo, I, F, Se) в пределах биогеохимической нормы, а тяжелых металлов (Cd, Pb, Ni) — предельно допустимых концентраций, растительная продукция в основном является минерально-полноценной и экологически безопасной. В то же время в растительной продукции (зерне, овощах, кормовых культурах) выявлена тенденция повышения за последние двадцать лет содержания Fe и Mn, с одной стороны, и уменьшения — Zn, Cu, Co, I, с другой стороны. Подобные изменения ЭХС растений мы объясняем агрогенной трансформацией свойств почв, в том числе усилением их кислотности, снижением насыщенности основаниями (Са, Mg), снижением концентрации в почвах доступных растениям форм микроэлементов. Дальнейшее усиление избытка железа и марганца и дефицита Zn, Cu, Co, I, а также оснований — Са, Mg, К, дисбаланс и антагонизм макро- и микроэлементов могут негативно сказаться на обеспеченности биофильными элементами растений, животных и человека, привести к ухудшению их репродуктивных функций и устойчивости к неблагоприятным условиям окружающей среды.

Проведенный анализ актуальных вопросов гигиенической и биогеохимической оценки качества почв и растительной продукции привел к следующим выводам:

1. Существующие в России гигиенические нормативы оценки содержания химических веществ в почвах в отношении макро- и микроэлементов не соответствуют современным знаниям наук о земле, химических и биологических наук о содержании, химическом статусе макро- и микроэлементов в почвах, их способности инактивировать поллютанты и ограничивать миграцию последних в растения и воды.

2. В абсолютном большинстве почв сельскохозяйственных угодий Сибири валовое содержание микроэлементов, включающих тяжелые металлы, находится в пределах агрохимической и биогеохимической норм и не превышает их предельно или ориентировочно допустимых концентраций.

3. Абсолютное большинство растительной продукции на сельхозугодиях Сибири не загрязнено тяжелыми металлами. Напротив, из-за истощения плодородия почв, особенно пахотных, повсеместно наблюдается дефицит эссенциальных макро- и микроэлементов, таких как Ca, Mg, K, Co, Cu, Mo, Zn, для растений, и особенно, животных. Усиление дефицита эссенциальных макро- и микроэлементов в растениях продукции чревато снижением урожая и ухудшением качества растительной продукции, далее болезнями животных и человека. Поэтому проблема природно-антропогенных гипер- и гипозлементозов животных и человека на территории Сибири и России в целом, вероятно, будет обостряться.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Kabata-Pendias, A. Trace Elements in Soils and Plants/Fourth Editions. CRC Taylor and Francis Group, 2011. 505 p.
2. Ермаков В. В., Тютиков С. Ф. Геохимическая экология животных / отв. ред. Т. В. Самохин. М.: Наука, 2008. 315 с.
3. Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве. 2-е изд.. МЗ СССР, 5 августа 1982 г. № 2609-82. М., 1982. 24 с.
4. Ильин В. Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 221 с.
5. ГН 2.1.7.3297-15. Предельно допустимая концентрация (ПДК) оксида бериллия в почве населенных мест и сельскохозяйственных угодий. Постановление Главного санитарного врача РФ от 27.08.2015. № 43.
6. Сысо А. И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 227 с.
7. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве (ПДК). (утв. Минздравом СССР 30.10.1980 N 2264-80). М.: Минздрав СССР, 1980. 37 с.
8. СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. М.: Типография Минздрава СССР, 1988. 54 с.
9. ГН 2.1.7.2041-06. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М., 2006. 6 с.
10. Биогеохимические основы экологического нормирования / В. Н. Башкин, Е. В. Евстафьева, В. В. Снакин и др. М.: Наука, 1993. 304 с.
11. Aditi Soni, Kajan Kumar, Ravi Mathur. Mineral status of some common vegetation available in jodhpur district of Rajasthan // International journal of plant, animal and environmental sciences, 2014. V.4. p. 359-365.
12. Narwal R.P., Dahiya R.R., Malik R.S. Pollutant elements in soil-plant-animal system in India and future thrust areas // Eur. Chem. Bull. 2013, 2(1), 38-45.