

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ ШИРИНСКОЙ СТЕПИ

А. В. Родикова, С. П. Кулижский

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия  
rodikovaav@mail.ru, kulizhskiy@yandex.ru*

**АННОТАЦИЯ.** Аннотация: на примере черноземов Ширинской степи (Хакасия)используемых в качестве сельскохозяйственных угодий, рассмотрена проблема вариабельности результатов оценки качества почв при применении различных параметров, используемых как фоновые. Сравнение содержания в изучаемых объектах некоторых тяжелых металлов и мышьяка произведено относительно различных эталонов, на основании чего сделаны выводы о наиболее «чувствительных» параметрах оценки.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, почвы, сельскохозяйственные угодья, оценка качества почв.

Загрязнение почв тяжелыми металлами – одна из современных проблем, возникающая в

результате деятельности человека, в том числе – сельскохозяйственной. Антропогенному прессингу в той или иной степени подвергаются любые угодья: пашни, пастбища, сенокосы и прочие. Природная зона степей наиболее привлекательна для земледелия и в настоящее время освоена полностью, что определяет актуальность оценки качества почв. Особенно – этих систем, как природного объекта, является то, что тяжелые металлы в их составе изначально присутствуют всегда, но количество зависит от разнообразных факторов, в первую очередь – от геологической истории конкретных регионов, и, во-вторую, конечно, – от видов воздействия человека. Задачу корректной оценки усложняет отсутствие единых эталонов, обусловленное пространственной неоднородностью содержания элементов. Вариабельность (и латеральная и радиальная) характерна даже для локальных участков земной поверхности. Проблема эта решается, как правило, путем усреднения данных, однако, геохимический фон, как считал В. В. Добровольский [1], не может быть охарактеризован одним значением, например, средней арифметической или геометрической величиной (а еще лучше – модальной, наиболее часто встречающейся), обязательно должна присутствовать оценка вариации аналитических параметров, показывающей их разброс. Использовать весь такой массив данных при оценке не представляется пока возможным, ввиду отсутствия подобной методики. Даже выбор между сред-

ними арифметическими или геометрическими числами приводит к вариативности выводов [1]. Целью данной работы, таким образом, является сравнение результатов оценки качества почв сельскохозяйственных угодий при привлечении в качестве фоновых наиболее часто используемых в публикациях.

Ширинская степь, в пределах которой проводились исследования, является центральной, наиболее аридной частью Чулымо-Енисейской котловины Минусинской межгорной впадины. Рельеф территории равнинный, с характерными длинными скалистыми цепями куэст и гряд, окружающих холмистые или плоскоравнинные пространства с солеными или пресными озерами. Почвообразующие породы представлены в основном щебнистыми карбонатными элювиально-делювиальными отложениями красноцветных и сероцветных осадочных пород.

Объектами исследования послужили южные черноземы: пахотный /разрез 5–00/; и, используемые в качестве пастбищных угодий: целинный /разрез 4–99/ и антропогенно-измененный /разрез 2–02/ в котором гумусовый горизонт почвенного профиля перекрыт слоем золы. Его поверхность на момент обследования заросла рудеральной растительностью.

Вариантов оценки качества почв по содержанию в них тяжелых металлов немало, это и использование нормативов (ПДК и/или ОДК); и такого показателя как коэффициент концентрации химического вещества ( $K_c = C_i / C_{\phi i}$ );

или, например, в случае полиэлементного загрязнения, – расчет суммарного показателя загрязнения Саета ( $Z_c$ ) с различными поправками и дополнениями [2, 3]. Однако, практически везде необходимо применение понятия эталонных (фоновых) значений, не имеющего однозначной формулировки. За точку отсчета могут быть приняты как усредненные (или модальные) региональные или даже мировые значения; показатели, характерные для геохимических провинций [4]; рекомендованные нормативными документами [5, 3] и прочие варианты (табл. 1–3). Допускается и рекомендуется сравнивать условно незагрязненные объекты и явно подвергшиеся загрязнению (например, можно сопоставить черноземы, используемые под пастбища, представленные в этой работе, разрезы 4–99 и 2–02 (табл. 2)). Такой разброс в использовании эталонов сравнения обоснован и задачами, которые ставят перед собой исследователи, и их возможностями, и частичным отсутствием данных в нормативных документах и т.п. Соответственно выбранным параметрам, выводы тоже будут различаться.

Согласно приведенным данным, можно оценить разброс значений, получаемый только лишь при использовании различных эталонов

сравнения. Неоднозначные выводы могут быть сделаны даже для одного и того же объекта: от отсутствия загрязнения до превышений в разы, например, по свинцу в черноземе, вскрытом разрезом 4–99 (табл. 3).

Сравнивая концентрации элементов изучаемых почв с региональными (Хакасская провинция, Ширинская степь), отмечено, что более значительные превышения фона ( $>2$  ед.) характерны именно для параметров, рассчитанных по Ширинской степи, что возможно делает этот эталон более ценным, поскольку почвы сельскохозяйственных угодий должны быть под жестким контролем и лучше придерживаются строгих норм.

Если обратиться к нормативным документам [3, 9], то, охарактеризовать изучаемые объекты по всем представленным элементам возможности нет. Исходя из прилагаемого варианта оценки, необходимо использовать ПДК(ОДК),  $K_{\max}$  и фон. ПДК и фон приведены не для всех элементов (табл. 1, черноземы и ПДК).  $K_{\max}$  валовых форм представлен только по Pb (260 мг/кг), As (15 мг/кг) и V (350 мг/кг). При этом фон для ванадия отсутствует. В итоге, из всех приведенных элементов оценить возможно только содержание Pb и As. Соглас-

Таблица 1. Вариативность показателей фонового содержания валовых форм некоторых тяжелых металлов и мышьяка в почвах, мг/кг

		Zn	Pb	Cu	Co	Ni	As	V
1	Черноземы [5]	68,0	20,0	25,0	15,0	45,0	5,6	н/д
2	Хакасская геохимическая провинция [4]	76,3	18,9	39,8	15,7	37,7	н/д	н/д
3	Ширинская степь, $X_{\text{сред.}}$ [6, 7]	49,8	14,6	35,6	11,1	34,2	н/д	125,7
4	Кларк почв по А. П. Виноградову [8]	50,0	10,0	20,0	10,0	40,0	5,0	100,0
5	ПДК [3]	н/д	32,0	н/д	н/д	н/д	2,0	150,0
6	ОДК* [3]	220,0 55,0	130,0 32,0	132,0 33,0	н/д	80,0 20,0	10,0 2,0	н/д

н/д – нет данных

\* в числителе – для почв близких к нейтральным, нейтральным (суглинистым и глинистым), pH KCl  $>5,5$ ; в знаменателе – для песчаных и супесчаных почв

Таблица 2. Содержание элементов в изучаемых южных черноземах (дневной горизонт), мг/кг

Объекты	Zn	Pb	Cu	Co	Ni	As	V
пашня /р. 5–00/	60	10	40	20	60	0	200
пастбище /р. 4–99/	100	30	60	20	50	0	200
антропогенно-измененный /р. 2–02/	100	15	60	30	50	100	300

Таблица 3. Кратность превышения фона, раз

Фон	Zn	Pb	Cu	Co	Ni	As	V
пашня /р. 5–00/ чернозем южный <i>тяжелосуглинистый</i>							
черноземы	нет	нет	1,6	1,3	нет	нет	н/дф
хакасская провинция	нет	нет	1,0	1,3	нет	н/дф	н/дф
Ширинская степь	1,2	нет	1,1	1,8	нет	н/дф	1,6
кларк по Виноградову	1,2	1,0	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	нет	нет	<b>2,0</b>
ПДК	н/дф	нет	н/дф	н/дф	н/дф	нет	1,3
ОДК	(нет/1,1)	нет	(нет/1,1)	н/дф	(нет/3,0)	нет	н/дф
пастбище /4–99/ чернозем южный <i>среднесуглинистый</i>							
черноземы	1,5	1,5	2,4	1,3	1,1	нет	н/дф
хакасская провинция	1,3	1,6	1,5	1,3	1,3	н/дф	н/дф
Ширинская степь	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	1,7	1,8	1,5	н/дф	1,6
кларк по Виноградову	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	1,3	нет	<b>2,0</b>
ПДК	н/дф	нет	н/дф	н/дф	н/дф	нет	1,3
ОДК	(нет/1,8)	нет	(нет/1,8)	н/дф	(нет/2,5)	нет	н/дф
пастбище /2–02/ антропогенно-измененный чернозем южный <i>среднесуглинистый</i>							
черноземы	1,5	нет	<b>2,4</b>	<b>2,0</b>	нет	<b>17,9</b>	н/дф
хакасская провинция	1,3	нет	1,5	1,9	нет	н/дф	н/дф
Ширинская степь	<b>2,0</b>	1,0	1,7	2,7	нет	н/дф	<b>2,4</b>
кларк по Виноградову	<b>2,0</b>	1,5	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	нет	<b>20,0</b>	<b>3,0</b>
ПДК	н/дф	нет	н/дф	н/дф	н/дф	<b>50,0</b>	<b>2,0</b>
ОДК	(нет/1,8)	нет	(нет/1,8)	н/дф	(нет/2,5)	<b>(10,0/50,0)</b>	н/дф

нет – нет превышения над фоном

н/дф – нет данных по фоновым значениям

**жирным шрифтом** – кратность превышения фона от 2 ед. и выше

() – цифры в скобках: превышения в зависимости от гранулометрического состава; нежирным – превышение может быть в случае легкого гран. состава, изучаемые объекты средние и тяжелосуглинистые, поэтому оно не обсуждается.

но СанПиН [3, табл. 4.3 и 4.5] очень сильное загрязнение (1 класс), категория – чрезвычайно опасная, характерны для антропогенно-измененного чернозема (фактическое содержание  $As > K_{max}$ ).

Таким образом, превышения фоновых параметров зафиксировано как для пахотного чернозема, так и для почв пастбищ, но, используя различные точки отсчета, качество этих объектов характеризуется по-разному. Наиболее «чувствительными» эталонами для оценки из представленных являются кларк почв по А. П. Виноградову и норматив ОДК, учитывающий почвенные свойства. Нормативные до-

кументы пока не позволяют оценить большой набор загрязнителей. Проблема «нулевых» данных и разработка единой методики оценки качества компонентов природы остается на настоящий момент одной из самых актуальных в сфере охраны окружающей среды в целом и почв в частности.

# ASSESSMENT OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS OF FARMLAND OF THE SHIRA STEPPE

*A. V. Rodikova, S. P. Kulizhskiy*

*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

*[rodikovaav@mail.ru](mailto:rodikovaav@mail.ru), [kulizhskiy@yandex.ru](mailto:kulizhskiy@yandex.ru)*

**ABSTRACT.** Using the example of chernozems of the Shira steppe (Khakassia), used as agricultural land, the problem of variability in the results of assessing soil quality when using various parameters used as background is considered. A comparison of the content of some heavy metals and arsenic in the studied objects was made with respect to various standards, on the basis of which conclusions were drawn about the most "sensitive" assessment parameters.

**Keywords:** heavy metals, soils, agricultural land, soil quality assessment

## Литература

- <sup>1</sup> Добровольский В. В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение, 1999. № 5. С. 639–645.
- <sup>2</sup> Водяницкий Ю. Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1276–1280. – EDN MVSHFL (дата обращения: 14.01.2024)
- <sup>3</sup> СанПиН 1.2.3685–21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания // База нормативной документации Техэксперт. Доступ из локальной сети ТГУ. URL: <https://www.lib.tsu.ru/sp/subjects/guide.php?subject=VSE#tab-4> (дата обращения: 14.01.2024)
- <sup>4</sup> Покатилов Ю. Г. Биогеохимия элементов, нозогеография юга Средней Сибири. Н.: Наука, 1992. 166 с.
- <sup>5</sup> О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами: Письмо Минприроды России (Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ) от 27.12.1993 N04–25; Письмо Госкомзема России от 27.12.1993 N61–5678. URL: <https://www.lib.tsu.ru/sp/subjects/guide.php?subject=VSE#tab-4> (дата обращения: 14.01.2024)
- <sup>6</sup> Кулижский С. П., Родикова А. В. Особенности формирования элементного состава элювиальных почв транзитных позиций ландшафтных геохимических арен Ширинской степи // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 6(142). С. 94–97.
- <sup>7</sup> Кулижский С. П., Родикова А. В. Почвы пастбищных угодий степных массивов Минусинской межгорной впадины в пределах границ республики Хакасия // Мичуринский агрономический вестник. № 1. 2014. С. 13–23.
- <sup>8</sup> Справочник по геохимии. М.: Недра, 1990. 479 с.
- <sup>9</sup> МУ 2.1.7.730–99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест // База нормативной документации Техэксперт. Доступ из локальной сети ТГУ. URL: <https://www.lib.tsu.ru/sp/subjects/guide.php?subject=VSE#tab-4> (дата обращения: 28.01.2024).