

ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ПОЧВАХ ЮГА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

А.М. Кошельков¹, Л.П. Майорова²

¹Институт водных и экологических проблем (ИВЭП ДВО РАН), г. Хабаровск

²Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

Аннотация. Рассмотрены природные содержания тяжёлых металлов (ТМ) и мышьяка в почвах юга Хабаровского края. Отмечены характерные для исследуемой местности высокие концентрации мышьяка, обусловленные природными особенностями. Статистическая обработка анализируемых данных позволила определить значения, которые рекомендуется использовать в качестве фоновых концентраций для бурых лесных почв с суглинистым почвообразующим материалом для расчёта суммарного показателя загрязнения и коэффициентов концентрации при выполнении инженерно-экологических изысканий на территории юга Хабаровского края.

Ключевые слова: почвы, бурые лесные почвы, бурозёмы, тяжёлые металлы, мышьяк, фоновые содержания, геохимический фон.

BACKGROUND CONTENT OF HEAVY METALS AND ARSENIC IN THE SOILS OF THE SOUTH OF THE Khabarovsk Territory

A.M. Koshelkov¹, L.P. Mayorova²

¹Institute of Water and Environmental Problems (IVEP FEB RAS), Khabarovsk

²Pacific State University, Khabarovsk

Abstract. The natural concentrations of heavy metals (HMS) and arsenic in the soils of the south of the Khabarovsk Territory are considered. High concentrations of arsenic, characteristic of the studied area, due to natural features, are noted. Statistical processing of the analyzed data allowed us to determine the values that are recommended to be used as background concentrations for brown forest soils with loamy soil-forming material for calculating the total pollution index and concentration coefficients when performing engineering and environmental surveys in the south of the Khabarovsk Territory.

Keywords: soils, brown forest soils, brown soils, heavy metals, arsenic, background contents, geochemical background.

Введение. В ходе нарастающего развития мирового хозяйства увеличиваются масштабы загрязнения окружающей среды, что создаёт напряжённую экологическую обстановку не только на территории городов и посёлков, но и за их пределами. Для принятия рациональных решений природообустройства в местах ведения хозяйственной деятельности необходима достоверная оценка экологического состояния почв, учитывающая природные содержания загрязняющих веществ и геохимические особенности в исследуемом районе.

Почва является наиболее стабильным компонентом окружающей среды и способна к самовосстановлению, однако усиливающееся техногенное влияние замедляет этот процесс. Даже на заповедных территориях почвы утрачивают свои эталонные показатели химической чистоты, оказываясь в зоне влияния техногенного следа населённых пунктов, территориально-хозяйственных комплексов и транзитных коридоров между ними. Между тем именно природные особенности почв являются определяющими при оценке степени загрязнения.

Природные содержания тяжёлых металлов (ТМ) и мышьяка в почвах разных районов территории Российской Федерации могут существенно отличаться от нормативных значений, установленных СанПиН 1.2.3685-21. Эти различия особенно четко проявляются для почв

Хабаровского края, значительная часть территории которого расположена в пределах геохимических ассоциаций и зон их рассеивания, обусловленных рудными проявлениями. При этом мониторинг фоновых концентраций ТМ и мышьяка в почвах не организован ни одним учреждением. Обзор данных по Российской Федерации [4] подтверждает, что Хабаровский край является малоизученной в этом вопросе территорией.

Необходимость исследования фоновых концентраций ТМ и металлоидов в почве также обусловлена несовершенством установленных допустимых норм, не учитывающих региональные особенности. Это приводит к существенному удорожанию стоимости рекультивации и других мероприятий при организации строительных работ на проектируемых объектах.

При отсутствии официальных данных о региональных фоновых значениях требования к выполнению инженерно-экологических изысканий предусматривают отбор фоновых проб вне сферы антропогенного воздействия [6]. Однако выбор репрезентативной фоновой площадки затруднён вблизи освоенных территорий, а данные разовых отборов могут быть недостаточно объективны. В таком случае наиболее достоверными могут быть результаты статистической обработки выборки по определённому набору данных.

Цель настоящего исследования – определение фоновых концентраций тяжёлых металлов и мышьяка для почв юга Хабаровского края, которые могут быть использованы в качестве критериев оценки их загрязнения.

Материалы и методы. В ходе выполнения инженерно-экологических изысканий на территории юга Хабаровского края (районы Нанайский, Хабаровский, имени Лазо, Вяземский и Бикинский) были организованы отборы фоновых проб на сходных ландшафтных урочищах вне сферы антропогенного влияния. При выборе точек учитывались преобладающие за год направления ветров и положение относительно источников загрязнения. Минимальные расстояния от фоновых площадок до ближайших техногенных объектов (в т.ч. дорог, сетей) принимались не менее 0,5 км. Часть образцов отбиралась в границах территорий, имеющих статус природоохранных (государственный природный заказник «Хехцирский»).

В геоморфологическом отношении исследуемая территория приурочена к сопряжению западного макросклона хребта Сихотэ-Алинь со Среднеамурской низменностью. Отметки рельефа исследуемых площадок наблюдались в интервале от 30 до 200 м, что также характеризует переход от низкогорной территории к равнинной. Почвы фоновых площадок относятся к общераспространённому в исследуемой местности типу «бурые лесные» [3] или согласно классификации почв России 2004 года [8] – «бурозёмы», почвообразующая порода – суглинок. Исследовался верхний горизонт по глубине до 0,2 м. Отбор осуществлялся согласно ГОСТ 17.4.4.02-2017.

Для исследуемого массива выбрано 10 станций отбора в следующих муниципальных районах Хабаровского края: Бикинский – 1, Вяземский -1, район имени Лазо – 1, Хабаровский – 6, Нанайский – 1 (Рисунок 1).

Лабораторные исследования отобранного материала осуществлялись сразу в трёх аккредитованных лабораториях ФГБУ ЦАС «Хабаровский» (РА.RU.21ПЦ62 выдан 24.07.2015 года), ФГБУ ГСАС «Костромская» (RU.000121ПЧ18 выдан 23 июля 2015 года) и ООО «Тест-Эксперт» (RU.000121ПЧ18 выдан 23 июля 2015 года), что позволило выполнить межлабораторные сравнения результатов. Отклонения значений, полученных по итогам межлабораторного сличения, не превысили заданных в методиках допустимых погрешностей.

Перечень исследуемых показателей выбран согласно СанПиН 2.1.3684-21 (п. 120). Исследовались механический состав почв, pH солевой и валовое содержание кадмия (Cd), меди (Cu), мышьяка (As), никеля (Ni), ртути (Hg), свинца (Pb), цинка (Zn).

Для определения фоновых концентраций применялся интегрированный подход [7]. Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью метода «Boxplots» («ящики с усами») и надстройки «Пакет анализа» Excel.

Результаты и обсуждения. Результаты анализа проб почв и статистической обработки представлены в таблицах 1, 2, 3 и на рисунке 2.

Исследуемые почвы сопоставимы по орографическим условиям, имеют сходные черты механического состава (почвообразующая порода - суглинки), по уровню pH соответствуют группе «*сильнокислых*». Различия по кислотно-щелочному показателю в пределах анализируемой выборки не превышают 1,0 единицы pH.

При сравнении с допустимыми нормами по СанПиН 1.2.3685-21 (табл. 4.1) отмечаются превышения по мышьяку во всех пробах кроме площадки в Нанайском районе, где наблюдалось содержание этого элемента на уровне 0,88 ОДК. По всем исследуемым площадкам содержание мышьяка колебалось в интервале от 4,4 до 16 мг/кг. Коэффициент концентрации (КК) по мышьяку при расчётах с учётом среднего арифметического значения и ОДК (pH<5,5) составил 1,62.

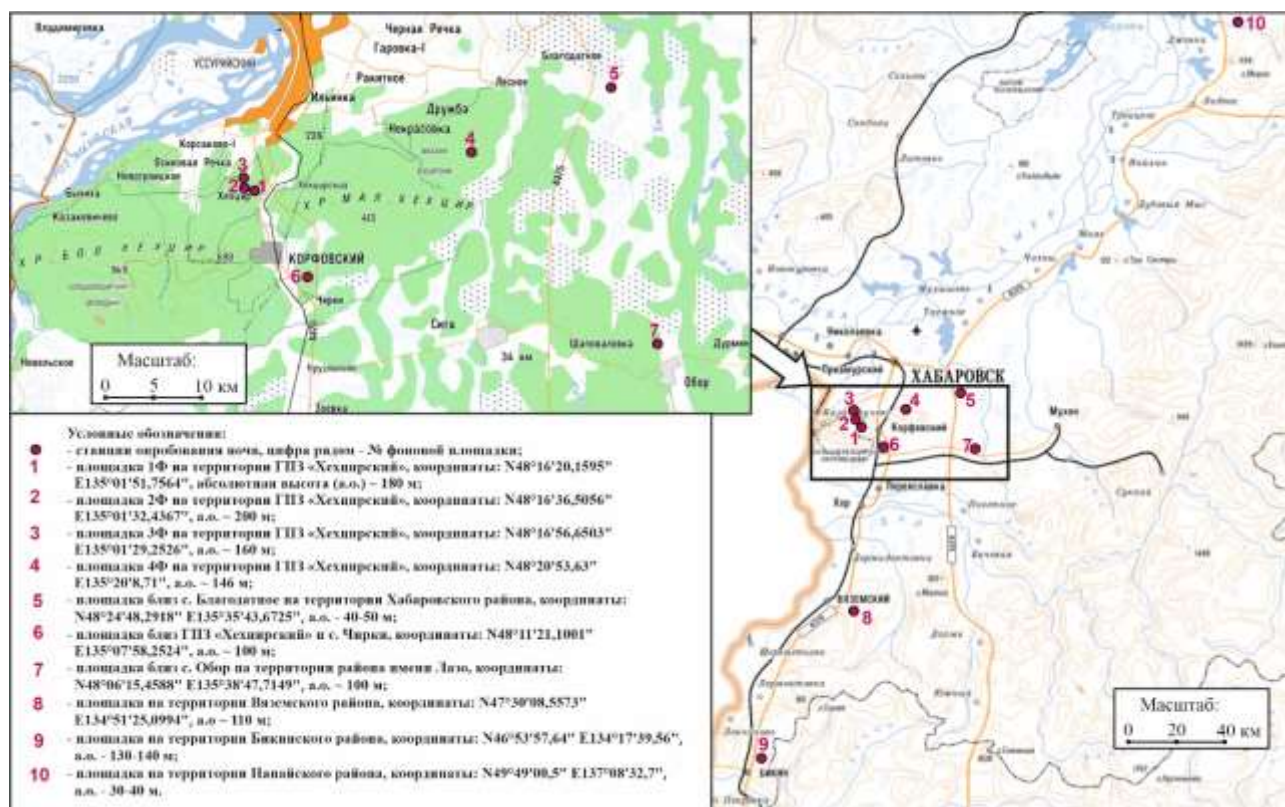


Рисунок 1 – Схема расположения станций отбора почвенных проб

Диапазоны варьирования остальных элементов составили: по кадмию – 0,025-0,54 мг/кг (среднее – 0,2 мг/кг); меди – 5,3-26,9 мг/кг (среднее – 15,9 мг/кг); никелю – 5,8-47,1 мг/кг (среднее – 17,6 мг/кг); ртути - 0,042-0,290 мг/кг (среднее – 0,110 мг/кг); свинцу – 8,9-28,7 мг/кг (среднее – 17,7 мг/кг); цинку – 22,2-90,7 мг/кг (среднее – 55,1 мг/кг). Превышений допустимых норм по тяжёлым металлам не выявлено, за исключением незначительного отклонения по никелю в Вяземском районе (1,2 ОДК).

В результате обработки методом «Boxplots» («ящики с усами») были отмечены аномальные отклонения (выбросы) по никелю и мышьяку (рисунок 2). Без учёта выбросов диапазоны варьирования составили: по мышьяку – 4,4-9,5 мг/кг; по никелю – 5,8-22,8 мг/кг; по остальным исследуемым показателям – без изменений. После исключения выбросов и применения метода «Boxplots» средние концентрации составили: As – 7,24, Ni – 14,36 мг/кг.

Средние значения естественной вариации исследуемой выборки с учетом исключения выбросов рекомендуется принять за фоновые концентрации ТМ и As в суглинистых почвах типа «бурые лесные» (бурозёмы) для территории юга Хабаровского края (таблица 3).

Выводы. В ходе проведённых исследований установлено, что содержания мышьяка и некоторых металлов в почвах фоновых участков юга Хабаровского края могут иметь

повышенные значения, иногда превышающие установленные допустимые нормы. Такая особенность характерна для многих природных почв Дальнего Востока, распространённых на горных территориях вблизи районов оруднения и геохимических аномалий.

Важным фактором, влияющим на аккумуляцию (задерживание) тяжёлых металлов и мышьяка в почвах, является механический (гранулометрический) состав. Так, например, в районах с преобладанием тяжёлых суглинков (имени Лазо, Вяземский, Бикинский) отмечаются наибольшие содержания ТМ и As в почвах.

Полученные средние значения после исключения выбросов могут быть предложены как фоновые концентрации тяжёлых металлов и мышьяка для бурых лесных почв юга Хабаровского края.

Таблица 1

Фоновые концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в почвах юга Хабаровского края
(глубина отбора проб в интервале 0-0,2 м)

№ фоновой площадки	Тип почвы	Почвообразующая порода (рыхлая), мех. состав	рН сол., ед. рН	Содержание химических веществ, мг/кг						
				Cd	Cu	As	Ni	Hg	Pb	Zn
1	Бурые лесные	среднесуглинистые, мех. состав – средний суглинок	4,0	0,025	20,1	7,9	15,6	0,29	12,4	43
2	Бурые лесные	среднесуглинистые, мех. состав – средний суглинок	4,6	0,061	17,0	16	16,1	0,23	14,4	51
3	Бурые лесные	среднесуглинистые, мех. состав – средний суглинок	4,4	0,084	19,3	9,2	22,8	0,072	8,9	57
4	Бурые лесные	среднесуглинистые, мех. состав – суглинок средний	4,4	0,053	6,2	5,0	8,1	0,05	13,1	49
5	Бурые лесные	среднесуглинистые	3,6	0,31	18,2	7,2	16,7	0,201	19,5	46,2
6	Бурые лесные	среднесуглинистые	4,1	0,15	19,2	5,4	15,0	0,077	28,7	53,0
7	Бурые лесные	среднесуглинистые, глинистые и тяжёлосуглинистые	4,3	0,42	14,5	9,5	12,6	0,043	25,5	68,1
8	Бурые лесные	суглинки, глинистые, тяжёлосуглинистые	4,1	0,54	26,9	7,9	47,1	0,047	22,2	90,7
9	Бурые лесные	среднесуглинистые, глинистые и тяжёлосуглинистые	3,6	0,31	12,3	8,7	16,5	0,063	19,4	70,8
10	Бурые лесные	среднесуглинистые, мех. состав – суглинок средний	3,6	0,048	5,3	4,4	5,8	0,042	13,3	22,2
ОДК рН <5,5				1	66	5	40	2,1	32	55
Среднее арифметическое, мг/кг				0,20	15,9	8,1	17,6	0,11	17,7	55,1
Медиана, мг/кг				0,12	17,6	7,9	15,9	0,068	16,9	52,0
Максимум, мг/кг				0,54	26,9	16	47,1	0,29	28,7	90,7
Стандартное отклонение, мг/кг				0,18	6,6	3,3	11,4	0,092	6,4	18,4
Доверительный интервал для среднего значения (p=0,95) , мг/кг				0,13	4,7	2,4	8,2	0,066	4,6	13,2
Коэффициент вариации, %				91,06	41,35	40,52	64,58	82,68	35,91	33,43
Коэффициент концентрации (среднее арифметическое значение)				0,20	0,24	1,62	0,44	0,05	0,55	1,00
Коэффициент концентрации (максимальное)				0,54	0,41	3,20	1,18	0,14	0,90	1,65
После исключения выбросов										
Среднее арифметическое, мг/кг				0,20	15,90	7,24	14,36	0,11	17,74	55,10
Коэффициент вариации, %				91,06	41,35	26,02	34,99	82,68	35,91	33,43

Таблица 2

Характеристики Boxplots, полученные при статистической обработке

Характеристики Boxplots	Cd	Cu	As	Ni	Hg	Pb	Zn
Межквартильный размах	0,28575	8,725	3,975	6,75	0,16225	10,1	23,375
Квартили	0,05175 0,3375	10,775; 19,5	5,3; 9,275	11,475; 18,225	0,046; 0,20825	12,925; 23,025	45,4; 68,775
Выбросы	нет	нет	16	47,1	нет	нет	нет
Доля аномальных значений, %			10	10			

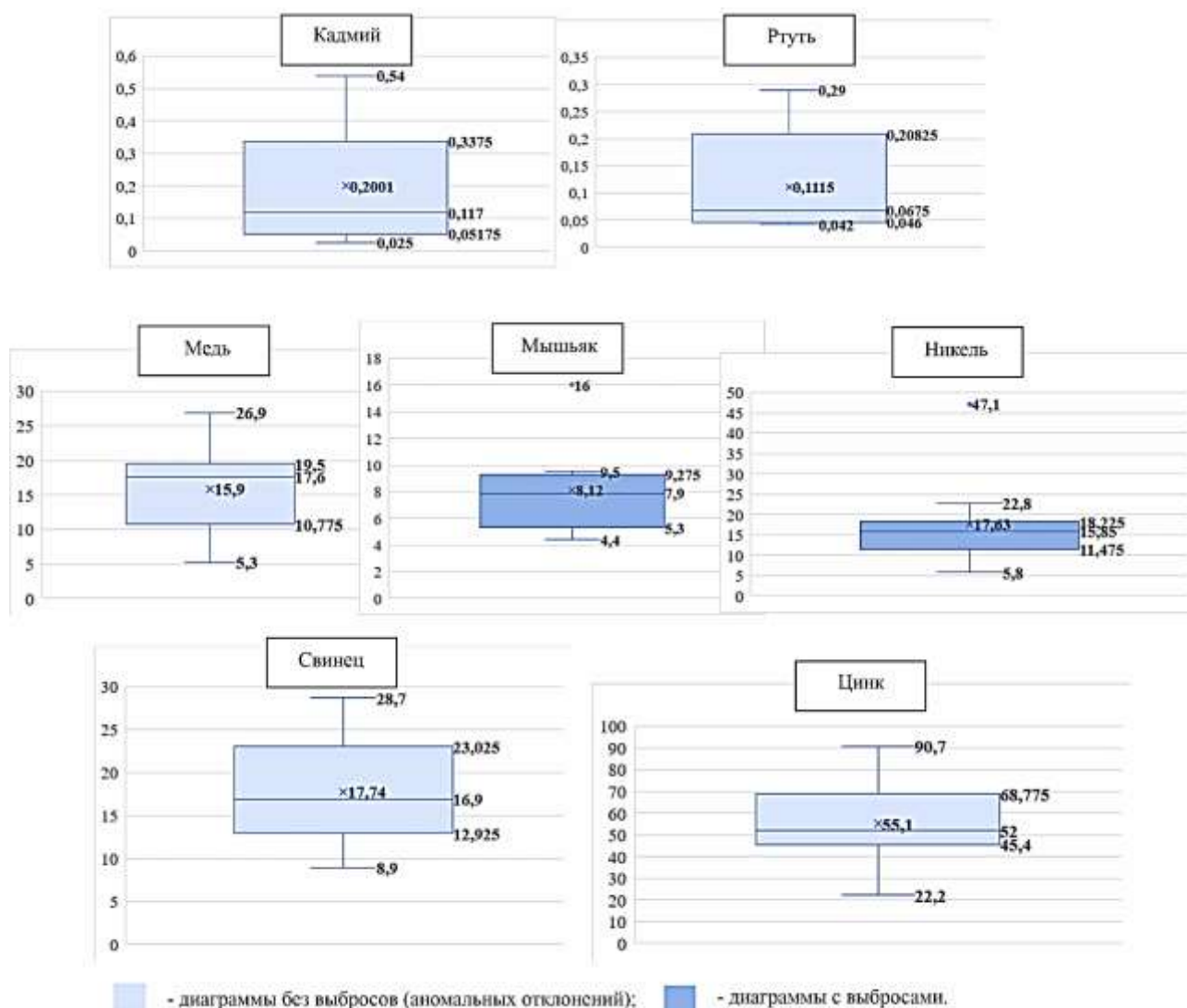


Рис. 2. Статистика распределения концентраций ТМ и As в почвах

Таблица 3

Рекомендуемые значения фоновых концентраций тяжёлых металлов и мышьяка для бурых лесных почв юга Хабаровского края

Почва, тип, территория	Содержание химических веществ, мг/кг						
	Cd	Cu	As	Ni	Hg	Pb	Zn
Бурые лесные почвы юга Хабаровского края, суглинистые	0,20	15,9	7,24	14,36	0,11	17,7	55,1

Литература

1. Васильев А.А. Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова г. Перми: тяжелые металлы и мышьяк / А. А. Васильев, Е. С. Лобанова // Пермский аграрный вестник, № 1 (9), 2015, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-geohimicheskaya-otsenka-pochvennogo-pokrova-g-permi-tyazhelye-metally-i-myshyak> (дата обращения: 08.03.2025).
2. Кошельков А.М. Тяжёлые металлы в почвах городов Благовещенск, Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре / А. М. Кошельков, Л. П. Майорова // Современные проблемы регионального развития. Материалы X Всероссийской научной конференции с международным участием, Биробиджан, 2024, С. 179–182. DOI: 10.31433/978-5-904121-41-9-2024-179-182.
3. Национальный Атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, 2011. 632 с.
4. Обатнин, В. А. Фоновые концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в почвах России: обзор имеющихся данных и возможности их применения в инженерно-экологических изысканиях / В. А. Обатнин, В. И. Стурман // Инженерные изыскания, Том XVII, № 1, 2023, С. 42–58. DOI: <https://doi.org/10.25296/1997-8650-2023-17-1-42-58>.
5. Оразалин А.Е. Фоновое содержание тяжёлых металлов в почвах Газимуровского района Забайкальского края / А. Е. Оразалин, С. Ю. Кукушкин // НАУЧНЫЙ АСПЕКТ, Том 3, № 5, 2023, С. 340-347.
6. СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства». 2020.
7. Тепонасян Г.О. Интегрированный подход при определении фоновых содержаний химических элементов в почвах / Г. О. Тепонасян, О. А. Беляева, Л. В. Саакян, А. К. Сагателян // ГЕОХИМИЯ, № 6, 2017, С. 563-570. DOI: 10.7868/S0016752517060103.
8. Фёдоров А.С. О новой классификации почв России (2004). / А. С. Фёдоров, А. П. Суханов, Г. А. Касаткина, Н. Н. Фёдорова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 1, 2014, С. 95-113.
9. Чернова О.В. Опыт использования данных фоновых концентраций тяжелых металлов при региональном мониторинге загрязнения почв / О. В. Чернова, О. С. Безуглова // Почвоведение, № 5, 2019, С. 1015-1026. DOI: 10.1134/S0032180X19080045.