

ИЗУЧЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДА УЛАН-БАТОР

Бямбасурэн¹ Ц., Шабанова² Е.В., Пройдакова² О.А., Васильева² И.Е.,
Хуухэнхуу¹ Б., Отгонтуул¹ Ц., Гуничева² Т.Н.

¹ *Институт физики и технологии Академии наук Монголии, г. Улан-Батор*
e-mail: ts_byambasuren@yahoo.com

² *Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, e-mail: shev@igc.irk.ru*

Эколого-геохимические исследования по оценке техногенного загрязнения почв не теряют своей актуальности, так как направлены на сохранение окружающей среды и здоровья населения. Локализация микроэлементов в почвах зависит от их химических форм, унаследованных от подстилающей породы, либо поступающих в почву через атмосферу путём осаждения паров, аэрозолей, пыли или с дождём и снегом в виде растворимых и нерастворимых соединений. Почвы обладают высокой сорбционной ёмкостью и за счёт органической составляющей могут аккумулировать до 90 % токсичных элементов, которые мигрируют по ландшафтному профилю и поступают в природные воды (грунтовые, поверхностные, почвенные) и в растворённом виде становятся доступными для питания растений [Лиштван и др., 2006; Санина и др., 2002; Кошелева и др., 2010]. На территории города Улан-Батора, как и других крупных мегаполисов, почвы подвержены техногенному воздействию. Главными источниками загрязнения являются ТЭС и котельные в районах юрточной застройки, выбрасывающие в атмосферу продукты сгорания бурых углей [Санина и др., 2002; Кошелева и др., 2010]. С ростом населения увеличивается количество автомашин и бензоколонок, объём хозяйственных отходов и бытового мусора.

В задачи исследования входила разработка научно-обоснованных подходов к получению достоверной информации о современном уровне загрязнения почв Улан-Батора и тенденциях его изменения для принятия правомерных управленческих решений в сфере природопользования, жилищного и промышленного развития города. В настоящее время получение такой информации предусматривает проведение многоэлементного анализа разнообразных геоэкологических объектов (природные и сточные воды, почвы, осадки, растения, зола и шлаки энергетических углей ТЭС и т.д.). Для этого, благодаря экономически привлекательному соотношению цена-объём и качество информации, наиболее часто используются методы атомной спектроскопии – атомно-эмиссионный, атомно-абсорбционный и рентгенофлуоресцентный анализы.

В 2010-2011 гг. были отобраны 310 почвенных проб с различной степенью техногенной нагрузки в районах вблизи ТЭС, транспортных магистралей, жилых массивов (юрточные районы) и зелёных зон (ботанический сад и дворы) г. Улан-Батора. В качестве фоновых использовались пробы почв из заповедника Богд-Уул. Анализ истёртых проб выполнен в лабораториях ИГХ СО РАН и ИФиТ АНМ.

Комплекс аналитических методов (табл. 1) для определения валовых содержаний элементов включал дуговую атомно-эмиссионную спектроскопию с использованием способов испарения проб из канала электрода и вдувания-просыпки (АЭС-ДР (1) и (2) соответственно), рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), атомно-абсорбционную спектроскопию с различными способами атомизации (ААС) и плазменную атомно-эмиссионную фотометрию (ПФ). Пробоподготовку для определения валовых содержаний методами ПФ и ААС проводили в открытых системах и в автоклавах различными реакционными смесями (HNO₃, HF, HCl, HClO₄). Для экстракции из почв подвижных форм элементов использовали аммонийно-ацетатный (NH₄-Ac) буфер (рН 4.8). Определение содержаний элементов в NH₄-Ac-вытяжках выполнено атомно-эмиссионной спектроскопией с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП), ПФ и ААС.

Таблица 1.

Нижние границы определения элементов различными аналитическими методами, ПДК и региональные фоновые содержания (мг/кг) для валовых и подвижных форм элементов в почвенном покрове г. Улан-Батор

Элемент	Кларк	Валовые содержания								Содержания в подвижных формах					
		Методы анализа				Региональный фон				ПДК		Методы анализа		Региональный фон	ПДК [ГН 2.1.7.2041-2006]
		АЭС-ДР		РФА	ААС / ПФ*	Монголия		Россия		Монголия	Россия	АЭС-ИСП	ААС / ПФ*		
		1	2			Авторы	[Санина, 2002]	[Гребенщикова, 2008]	[Хорсний, 2008]	[ГН 2.1.7.2041-2006]	Авторы				
Al	71200	100	-	1000	500	67000					2	10	7.9		
Ca	13700	100	-	1000	100	16000					1	2	2300		
Fe	38000	100	-	1000	100	29000					1	2	4.5		
K	13600	-	-	1500	100*	22000					1	0.2*	430		
Mg	6000	100	-	1000	50	8900					0.5	1	270		
Na	6300	50	-	1500	100*	15000					1	0.2*	55		
As	4	50	1	-	-	12				2	20	-			
B	5	1	3	-	-	35		30			0.2	-	< 0.2		
Ba	400	20	-	150	50	700					3.1	-	21		
Bi	0.0002	1	0.5	-	-	0.5					0.2	-	0.29		
Cd	0.05	10	0.5	-	0.03	1					0.2	-	< 0.2		
Co	10	1	0.5	-	5	18	8.4	30	30-40		1	1	0.2	5	
Cr	190	5	10	-	10	45	66	100	60-100	(VI) 0.05	1	2	< 0.2	(III) 6	
Cu	20	3	5	-	5	25	42	60	60-80		0.2	0.2	< 0.2	3	
F	200	-	200	-	-	450		400			-	-		2.8	
Li	30	10	10	-	3.5*	32					1	0.05*	0.39		
Mn	545	1	150	1000	10	710	660	1500		1500	1	0.2	53	140	
Mo	30	1	0.5	-	-	1.9	1.2	4	2-3		0.2	-	< 0.2		
Ni	40	0.7	4	-	7	33	29	80	60-100		0.5	1	< 0.5	4	
P	800	50	50	1000	-	1050					2	-	45		
Pb	10	2	2	-	2	20	27		70-50	32	0.2	0.5	0.2	6	
Rb	50	-	-	-	2.2*	93					2	0.05*	1.1		
S	500	-	-	200	-	920				160	10	-	13		
Sb	15	10	0.5	-	-	1.2				4.5	-	-			
Sn	10	1	1.5	-	-	2.8	2.8		30-40		0.2	-	< 0.2		
Sr	300	50	-	-	50	290					8.2	1	17		
Ti	4600	1	-	2000	500	3870					10	-	< 2		
V	100	5	5	-	50	83	84	150	100-130	150	2	10	< 0.2		
Zn	50	20	30	-	5	60	52	110	100-50		1	0.2	1.1	23	

Примечание. Прочерк – элемент не определялся данной методикой. Пустые клетки – нет данных.

Использованные методики анализа имеют границы определяемых содержаний ниже кларков и ПДК для валовых и подвижных форм элементов (табл. 1). Предложенные схемы анализа проб позволили определить валовые содержания 35 элементов и содержания подвижных форм 26 элементов. Достоверность полученной информации подтверждена межметодным контролем и проведением интеркалибровок с использованием международных стандартных образцов состава природных и техногенных сред.

Установленный уровень фоновых содержаний элементов в почвах г. Улан-Батора сопоставлен с литературными данными и ПДК, принятых в Монголии [Хорсний..., 2008] и России [ГН 2.1.7.2041-2006; Гребенщикова и др., 2008] для валовых содержаний и подвижных форм. Фоновые почвы охарактеризованы (по сравнению с данными А.П. Виноградова) высокими коэффициентами концентрации (Кс) > 2 (для Na, As, B, F, Cd, Pb и Sn) и рассеяния (Кр) > 2 (для Cr, Bi, Sn, Mo и Sb) разных элементов, что обусловлено особенностями почвенного покрова и ландшафта города.

Таблица 2.

Диапазоны содержаний биофильных и токсичных элементов в почвах и вытяжках

Элемент	Ед. изм.	Содержания			
		Валовые		Подвижные формы	
		фон	пробы	фон	пробы
Ca	мас.%	1.3-1.6	0.60-12.8	0.13-0.33	0.23-3.86
Sr	мг/кг	310-340	210-1590	9.6-21	12-510
P		920-1190	75-4380	38-54	5.6-3430
B		24-45	13-350	< 0.2	< 0.2-76
Mn		490-790	99-6900	30-74	8.0-300
V		59-96	10-180	< 0.2	< 0.2-0.4
Cr		27-57	21-960	< 0.2	0.22-15
Mo		1.0-2.0	1.0-28	< 0.2	< 0.2-3.6
Sn		2.0-4.0	< 0.2-78	< 0.2	2.3-14
Pb		13-22	3.0-1400	< 0.2-0.25	< 0.2-6640
Cu		13-28	7.0-2700	< 0.2	< 0.2-150
Zn		41-93	26-1280	0.55-1.7	0.66-250
Cd		0.69-2.1	0.4-3.1	< 0.2	< 0.2-2.0
S		860-1040	230-25200	10-17	10-8500

Содержания химических элементов в проанализированных пробах почв и NH₄-Ac-вытяжках из них варьируют в широких пределах (табл. 2). Данные, полученные для содержаний валовых и подвижных форм элементов, сравнивались с региональным фоном и ПДК, соответственно. Так как основное количество загрязнителей почв поступает из атмосферы, для оценки степени региональной техногенной трансформации почв были вычислены показатели кратности превышения содержания отдельных элементов в точках опробования (Кс_i) по сравнению со средним содержанием на фоновых участках и показатель суммарного загрязнения (Zс = Σ Кс_i – (n-1), где n – число элементов с Кс_i > 1), учитывающий ассоциации элементов в техногенных потоках. Установлено, что сильно загрязненные почвы (Zс >> 1) образуют точечные локальные аномалии в районах ТЭС, юрточной застройки, свалках и АЗС.

Корреляционные связи (≥ 0,8) между валовыми содержаниями элементов и их подвижными формами в разных по типу и составу пробах индивидуальны. В пробах разнообразных почв, отобранных в зелёных зонах и районах многоэтажной застройки, для валовых содержаний Al, Mn, Mg, Ca, Ti, Sr, Cr, Sn, Cu и Pb выявлены наиболее сильные связи. Для подвижных форм остаются связи между Ca, Sr, Pb и Cu, а также появляется корреляция между Fe, Na, K, S, Ni, Zn, B, P и Sn. Только для пяти элементов – Ca, P, Sn, Cu и S – валовые содержания оказались жестко связаны с подвижными формами. Для проб,

отобранных в районах ТЭС-3 и -4, наблюдаются корреляции валовых содержаний Al, Rb, Na, K, Ca, Fe, Sr, Ba, B, Mn, Co, Ni, Mo и Bi между собой; для подвижных форм – Al, Fe, S, Li, P, K, Sr, B, Ba, Sn, Mg, Zn, Pb и Cu; только для Ca, Sr, B, Zn и S валовые содержания напрямую связаны с их подвижными формами.

Близкие значения погрешностей и высокая степень корреляции результатов (0.75-0.99), полученных различными методами для фоновых и загрязнённых почв, свидетельствуют о надёжности получаемой аналитической информации и позволяют рекомендовать предложенные схемы комплексирования аналитических методик для системных исследований по изучению степени загрязнения почвенных покровов урбанизированных территорий. Учёт классификации отобранных проб по типам почв при статистической обработке приведёт к более детальной оценке уровня техногенного загрязнения разных районов города и класса опасности. Для изучения перераспределения токсичных элементов в сопряжённых компонентах миграционной цепи «зола – почва – растение» и выявления роли биофильных элементов в процессах самовосстановления почв требуется доработка схемы аналитических методов. Привлечение методов многомерного статистического анализа для обработки полученной информации позволит выявить латентные связи между жизненно важными и токсичными элементами [Tokalioglu et al., 2010].

Системные исследования по расположению точек регулярного отбора проб почв и растений, частоты отбора, количества определяемых элементов, методик анализа и пр. создадут основу для формирования рекомендаций по организации мониторинга техногенного загрязнения почвенного покрова г. Улан-Батора.

Исследования проводятся при финансовой поддержке проекта № 20 СО РАН – АНМ «Эволюция литосферы, магматизм, металлогения, изменения окружающей среды и климата Монголии».

Литература

ГН 2.1.7.2041-2006. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.

Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический регион) / Науч. ред. М.И. Кузьмин. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 234 с.

Кошелева Н.Е., Касимов Н.С., Бажа С.Н., Гунин П.Д., Голованов Д.Л., Ямнова И.А., Энхамгалан С. Загрязнение почв тяжелыми металлами в промышленных городах Монголии // Вестн. МГУ. сер. 5. География. 2010. № 3. С. 20-27.

Лиштван И.И., Капутский Ф.Н., Янута Ю.Т., Абрамец А.М., Качанова Е.В. Гуминовые кислоты: взаимодействие с ионами металлов, особенности структуры и свойств металлугуминовых комплексов // Химия в интересах устойчивого развития. 2006. Т. 14. С. 391-397.

Санина Н.Б., Чернов А.Ю., Пройдакова О.А., Арсентьева А.Г. Распределение и баланс токсичных металлов в природно-техногенных системах топливно-энергетических комплексов Прибайкалья // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2002. № 2. С.145-155.

Tokalioglu S., Yilmaz V., Kartal S. An assessment on metal sources by multivariate analysis and speciation of metal in soil samples using the BCR sequential extraction procedure // Clay – Soil, Air, Water. 2010. V. 38. № 8. P. 713-718.

Хорсний чанар. Хорс бохирдуулагч бодис, элементуудийн зовшоорогдох дээд хэмжээ. Монгол улсын стандарт – Стадартчилал, хэмжилзуйн ундэсний тов. Улаанбаатар, 2008 хот. – 6 с.