

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ (ВАНАДИЙ И НИКЕЛЬ) В ПЕДОСФЕРЕ БАСЕЙНА Р. КАТУНЬ

И.А. Архипов, А.В. Пузанов, О.А. Ельчинова

Изучен уровень содержания, выявлены особенности пространственного распределения микроэлементов в почвенном покрове бассейна р. Катунь, установлены корреляционные связи между концентрацией никеля и ванадия в почвах и почвообразующих породах. Изучено влияние карбонатов на содержание и поведение элементов в исследуемых почвах. Содержание никеля и ванадия в почвах и почвообразующих породах оценено с экологических позиций.

Микроэлементы V и Ni входят в состав и участвуют в синтезе ряда биологически активных веществ, которые играют важную роль в развитии растений и регулярно протекающих в них биологических процессов. Жизнедеятельность организмов в большой степени зависит от содержания и соотношения микроэлементов в естественной среде обитания, в частности в почвах [1].

В настоящее время имеется значительное количество сведений о содержании микроэлементов в почвах различных регионов России и мира. Содержание микроэлементов в почвах Алтая изучено недостаточно. В связи с этим нами проведено изучение валового содержания ванадия и никеля в почвообразующих породах и основных типах почв, встречающихся на территории Алтая. Объекты исследований – почвообразующие породы и почвы в системе высотной поясности Алтая.

Задачи исследований: 1) исследовать уровень содержания и особенности распределения микроэлементов в материнских породах в зависимости от их петрографического и гранулометрического состава и генетической принадлежности; 2) выявить закономерности внутрипрофильного и пространственного распределения ванадия и никеля в почвах различных типов. Изучить влияние физико-химических свойств почв на распределение элементов.

Исследуемая территория охватывает бассейн р. Катунь. Рельеф – горный, расчлененный. В морфологическом отношении в бассейне Катунь выделяют низкогорье, среднегорье и высокогорье. От предгорных равнин до высокогорных областей резко меняются условия почвообразования (климат, рельеф, почвообразующие породы), что предопределяет зональные особенности почв. Возникает определенная последовательность высотных почвенных поясов с ярко выраженными типами почв и характерными физическими, химическими и биогеохимическими

признаками. Для Алтая характерно наличие трех почвенных поясов: горно-тундровых, горно-луговых, горно-лугово-степных почв высокогорий; горно-лесных почв высокогорий, среднегорий и низкогорий; лесостепных почв низкогорий. Кроме этих поясов выделяются межгорные районы степных почв высокогорных, среднегорных и низкогорных котловин и речных долин. Почвенные пояса Алтая, обусловленные особенностями рельефа, геологическим строением и условиями климата, имеют разную структуру. Все эти факторы в известной степени влияют на характер распределения и миграцию элементов в почвах. Учитывая эти особенности, нами проведены исследования почв различных элементов рельефа – надпойменных террас, макросклонов, предгорий.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. При выполнении полевых работ использовали сравнительно-географический и сравнительно-генетический методы [2]. Пробы почв отбирали по генетическим горизонтам. Почвенные разрезы закладывали в системе геохимически сопряженных ландшафтов. Физико-химические свойства почв определяли общепринятыми в почвоведении методами. Содержание микроэлементов в породах и почвах определяли методом количественного плазменно-спектрального анализа в ИПА СО РАН. Для характеристики геохимии отдельных типов ландшафтов и выявления особенностей распределения в них микроэлементов был подсчитан ряд геохимических показателей и коэффициентов; элювиально-аккумулятивный, местной миграции и региональный фон микроэлементов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОДАХ. Отложения, на которых формируется почвенный покров Горного Алтая, весьма неоднородны по своему происхождению, минералогии и химическому составу. В качестве почвообразующих пород в Горном Алтае представлены остаточные и аккумулятивные

коры выветривания четвертичного возраста таких пород, как хлоритовые и хлоритово-серицитовые сланцы, кварцево-хлоритовые сланцы, алевролитовые и кремнисто-глинистые сланцы, песчаники, кристаллические известняки и кварциты [3, 4].

Полученные данные показали, что по валовому содержанию элементов почвообразующие породы Алтая располагаются в следующем убывающем ряду: глины, суглинки, щебнистые и галечниковые отложения, песчаные отложения.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ. В почвенном покрове Алтая валовое содержание элементов варьирует в широких пределах, что обусловлено разнообразием природных ландшафтов, неоднородностью физико-химических свойств и гранулометрического состава материнских пород и сформированных на них почв. Значительные различия по уровню содержания микроэлементов наблюдаются в почвах различных типов (и даже одного типа), занимающих различное положение в системе высотной поясности (табл.1-2).

Таблица 1

Содержание микроэлементов в почвах биогеохимических поясов Алтая

почвы	Никель, мг/кг		n	Ванадий, мг/кг	
	Lim	среднее		Lim	среднее
Горно-тундровые	49-64	55,3	10	102-226	157,6
Горно-луговые	43-91	65,7	79	55-150	82,3
Горно-лесные дерново-глубокоподзолистые	52 – 88	75,4	55	60-180	101,6
Горно-лесные серые	47 – 91	72,6	44	70-180	127,5
Горно-лесные черноземовидные	36 – 85	65,3	34	70-267	102,6
Горно-лесные бурые	30 – 60	42	56	75-220	129,02

Биогеохимический пояс высокогорных тундр и альпийских лугов характеризуется в основном низким и средним валовым содержанием микроэлементов. Господствующие здесь гидротермические условия не способствуют быстрой минерализации мертвого органического вещества и переходу элементов в подвижное состояние. Поступление микроэлементов в почвенные растворы незначительно, гидрогенная миграция поддерживается лишь элементами, подвижными в кислой среде. В данных конкретных условиях ванадий мигрирует в водных растворах в форме иона V^{+4} , чему способствует общая восстановительная обстановка миграции [5].

Биогеохимический горно-лесной пояс

У верхней границы леса широко распространены горно-лесные бурые почвы. В нижней части пояса преобладают горно-лесные серые щебнистые почвы и своеобразные горно-лесные черноземовидные. Самая нижняя часть пояса представлена дерново-глубокоподзолистыми почвами [6].

Общее в поведении элементов в горно-лесном биогеохимическом поясе – интенсивность поглощения, круговорот их в системе почва-растение – связан с деятельностью

древесной растительности. Природные условия способствуют интенсивному круговороту элементов. Древесно-кустарниковая растительность способна поглощать микроэлементы в большом количестве. Кислая реакция среды и обилие осадков способствуют выносу микроэлементов как вниз по профилю, так и с внутрипочвенным боковым стоком в пониженные элементы рельефа, ручьи, реки.

Благодаря высокому снежному покрову почвы не промерзают и процесс миграции микроэлементов, хотя и замедленно, идет и зимой. Наиболее распространенные почвы у верхней границы леса – горно-лесные бурые, ниже их – горно-лесные торфянистые неоподзоленные и оподзоленные. Благодаря кислой реакции почвенной среды, микроэлементы приобретают высокую подвижность.

Хорошая дренированность и увлажненность почв, большая крутизна склонов способствуют перемещению микроэлементов с внутрипочвенным боковым стоком, но только в летние месяцы.

Пояс степных и сухостепных межгорных котловин и речных долин. Почвенный покров среднегорных котловин Центрального Алтая и низкогорных котловин и речных долин Северо-Западной части Алтая представ-

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ (ВАНАДИЙ И НИКЕЛЬ) В ПЕДОСФЕРЕ БАССЕЙНА Р. КАТУНЬ

лен почвами черноземного типа [4]. Степная растительность и почвы степного ряда почвообразования предопределили характер поведения элемента в ландшафте.

Природная обстановка (незначительное количество осадков, нейтральная среда почвенного раствора, наличие карбонатного горизонта в профиле) не способствуют выносу элементов как вниз по профилю почвы, так и за пределы пояса. Водная миграция элементов, вследствие сухости климата котловин и выравнивания их поверхностей практически исключена.

Каштановые почвы составляют основу почвенного покрова межгорных котловин Юго-Восточного Алтая [3]. Суровый климат, бедная растительность, низкий уровень осадков и обилие карбонатов приводят к формированию мощных (даже сцементированных) карбонатных горизонтов, являющихся одним из геохимических барьеров для микроэлемента. В условиях щелочных почв сухих степей, где господствует ультраокислительная обстановка миграции, ванадий находится в форме иона V^{+5} .

Таблица 2
Содержание никеля и ванадия в черноземах пояса степных и сухостепных межгорных котловин и речных долин

Генетический горизонт	Никель, мг/кг		n	Ванадий, мг/кг	
	Lim	среднее		Lim	среднее
Содержание никеля и ванадия в черноземах					
A	25-60	45,5	69	80-239	133
ABк	40-70	54,2	27	75-175	126
Bк	35-60	48,8	39	60-191	107
BCк	40-50	45,0	22	78-200	132
Cк	45-70	53,1	32	60-273	115
Содержание никеля и ванадия в каштановых почвах					
A	30-152	64,5	13	60-120	80,4
Bк	20-201	59,4	12	60-150	80,7
BCк	23 – 90	56,3	7	60-90	74,3
Cк	20-123	54,8	18	55-90	75,2

Миграция и аккумуляция микроэлементов на равнинах и возвышенностях аридных районов происходит в локальных ландшафтно-геохимических системах, где областями сноса являются местные водораздельные пространства (автономные ландшафты) а областями аккумуляции – заболоченные западины, долины мелких рек (подчиненные ландшафты). В качестве объектов для изучения латеральной миграции микроэлементов были выбраны монолитные катены.

Для этого был вычислен коэффициент местной миграции. Для никеля 1,1, для ванадия 1,5. Это свидетельствует о накоплении в подчиненных ландшафтах сухостепной зоны элементов анионогенов. В общем виде миграцию и аккумуляцию элементов в сухостепных ландшафтах можно представить следующим образом. В автономных ландшафтах начинается латеральная миграция анионогенных элементов в подчиненные ландшафты, элювиально-аккумулятивные ландшафты

с солончаками представляют собой зону дальнейшей мобилизации микроэлементов. Никель слабоподвижен в сухостепных ландшафтах, которые более благоприятны для миграции анионогенных элементов.

По степени влияния физико-химических свойств почв на уровень концентрации микроэлементов можно составить следующий убывающий ряд: физическая глина > ил > емкость поглощения > $CaCO_3$ > pH > гумус (табл. 3).

Никель в растениях. Никель легко привлекается растениями из почвы. Нормальное содержание никеля в злаковых – 0,1-1,7, в бобовых – 1,2-2,7 мг/кг сухого вещества [1, 7, 8]. При техногенном загрязнении почв в пищевой цепи может появиться опасная для здоровья животных и человека концентрация никеля. На территории Алтая природный недостаток или избыток никеля, способный оказать токсическое воздействие, не выявлен (табл. 4).

Таблица 3

Корреляционная зависимость между содержанием микроэлементов и физико-химическими свойствами почв Алтая

Физико-химические свойства почв	Коэффициент корреляции	
	ванадий	никель
Ил	0,65	0,37
Физическая глина	0,82	0,40
pH водный	0,31	0,16
Емкость поглощения, мг/экв на 100 г почвы	0,58	0,22
Гумус	0,27	0,2

Таблица 4

Никель в растениях и гумусовых горизонтах почв Алтая

Вид растения	Почва, номер разреза	Ni, мг/кг	
		P*	П*
Астра алтайская <i>Aster altaicum</i>	Чернозем обыкновенный, 15а	3.2	40
Астрагал холодный <i>Astragalus frigidus</i>		0.5	
Полынь тархун <i>Artemisia Dracunculus</i>		2.8	
Вероника колосистая <i>Veronica spicata</i>		0.1	
Эспарцет песчаный <i>Onobrychus arenaria</i>		5.2	
Полынь туполопастная <i>Artemisia</i>		0.9	
Подмареник северный <i>Galium boreale</i>		1.9	
Полынь чернобыльник <i>Artemisia</i>		5.6	
Лапчатка многонадрезанная <i>Potentilla multifida</i>		11.9	
Полынь холодная <i>Artemisia frigida</i>		Чернозем южный, 16а	
Подмареник настоящий <i>Galium verum</i>	2.4		
Лапчатка бесстебельная <i>Potentilla acaulus</i>	0.1		
Тимьян алтайский <i>Thymus altaicus</i>	7.8		
Полынь холодная <i>Artemisia frigida</i>	Каштановая, 17а	17.1	50
Панцерия шерстистая <i>Panzeria lanata</i>		10.9	
Панцерия шерстистая <i>Panzeria lanata</i>	Каштановая, 24а	19.6	69
Войлок степной	Каштановая, 25а	14.7	49
Чий блестящий <i>Achnatherum splendens</i>	Каштановая, 26а	2	47
Надземная масса		1.6	
Войлок степной		15.7	

Примечание. P* содержание никеля в растениях; П* содержание никеля в гор. А

По данным табл. 4 можно заключить, что некоторые виды растений сухостепных котловин Алтая обладают аккумулярующей способностью и накапливают никель в довольно значительных количествах (до 35 % от валового содержания его в почвах).

Содержание никеля в почвах России регламентируется следующими нормативами: ОДК песчаных и супесчаных почв – 20 мг/кг, суглинистых и глинистых (кислых) – 40, суглинистых и глинистых (нейтральных) – 80. В Германии относительно безопасным валовым содержанием никеля в пахотных почвах считается 80-200 мг/кг [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Алтайской горной стране среднее содержание валового ванадия в почвенной толще равно 105 ± 1 , никеля $42 \pm 1,3$ мг/кг, отдельно в пахотном А горизонте – 105 ± 2

(ванадия) и $43 \pm 1,8$ мг/кг никеля, что близко к среднемировым показателям. Обнаружены значительные колебания в концентрации ванадия – от 10 до 267 мг/кг, при коэффициенте варьирования, равном 27 %. Для никеля подобные показатели равны 20 – 201 мг/кг и 32%.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РГНФ 05-06-18001е, 05-06-18015е, интеграционных проектов СО РАН №167 и №65.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М., 1989. – 439 с.
2. Роде А.А. Система методов исследований в почвоведении. – Новосибирск: Наука, 1971. – 92 с.
3. Волковинцер В.И. Степные криоаридные почвы. – Новосибирск: Наука, 1978. – 208с.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ (ВАНАДИЙ И НИКЕЛЬ) В ПЕДОСФЕРЕ БАССЕЙНА Р. КАТУНЬ

4. Хмелев В.А. Черноземы Горно-Алтайской Автономной области // Вопросы развития сельского хозяйства Горного Алтая. – Новосибирск: Наука, 1968. – С. 51 - 58.

5. Микроэлементы в почвах Советского Союза. Вып. 1. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 281 с.

6. Мальгин М.А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае. – Новосибирск, 1978. – 272 с.

7. Брукс Р.Р. Загрязнение микроэлементами // Химия окружающей среды. – М., 1982.

8. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. – М.: Экология, 1996.