

**ПОВЕДЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ ПРИ УТРАТЕ ГУМУСА  
НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ ПРИОБСКОГО ПЛАТО АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

Содержание в почве органического вещества или гумуса — важнейший показатель ее плодородия. Гумус влияет на тепловые, водные, воздушные свойства почвы, ее биологическую активность [1].

От запасов гумуса в почве зависит урожайность сельскохозяйственных культур. В необрабатываемых почвах содержание гумуса находится в равновесном состоянии, при распашке и использовании их равновесие нарушается. Эрозионные процессы связаны с уменьшением мощности гумусового горизонта и утратой той «организованности», которая имела место в почвах высокогумусированных, обладающих значительной мощностью гумусового слоя. Наиболее характерным признаком смытых почв является снижение мощности гумусового горизонта. Смыв верхней части почвенного профиля и разбавление органического вещества гумусового горизонта переходным обуславливает снижение запасов гумуса [2].

В результате эрозионных процессов с продуктами твердого стока выносятся значительная часть гумуса, азота, фосфора, полуторных оксидов и др. Вопрос о влиянии эрозионных процессов на микроэлементный состав почв в условиях Алтайского края изучен недостаточно.

Для выявления влияния мощности гумусового горизонта на микроэлементный состав почв Приобского плато мы использовали информационно-логический анализ и специфические состояния (табл. 1), в результате чего было установлено, что валовое содержание в почве, молибдена и цинка в большинстве случаев находится в прямой пропорциональной зависимости от мощности гумусового горизонта ( $M_h$ ). Это связано с высокой биологической значимостью этих элементов и склонностью их к биогенному

накоплению. Связь между мощностью гумусового горизонта и валовым содержанием в почве бора криволинейна. Наиболее высокое валовое содержание этого элемента в почве не соответствует наиболее высокой мощности гумусового горизонта. Валовое содержание в почве меди, марганца и кобальта находится в обратной зависимости от мощности гумусового горизонта (Mг). Это связано с низкими коэффициентами биологического поглощения этих элементов, высоким содержанием их в материнских породах и отсутствием способности накапливаться биогенно.

Поскольку в процессе эрозии идет постепенное вовлечение в пахотный слой горизонта В, микроэлементный состав его изменяется. Информационно-логический анализ показал, что иногда горизонт В содержит микроэлементов меньше, чем горизонт А. Однако это наблюдается не всегда (табл. 2). Так, на территории **Приобского плато** горизонт А не отличается от горизонта В содержанием валовых марганца, кобальта и бора и подвижных форм меди, молибдена и бора. Для этой территории характерным является самое высокое содержание в горизонте С подвижного цинка и самое низкое его содержание в горизонте В. Этот элемент обладает высоким коэффициентом биологического поглощения, активно выносятся растениями из горизонтов А и В. Но в горизонте А гумуса больше, чем в горизонте В. Гумус значительно аккумулирует цинк и удерживает от активного выноса. Поэтому с урожаями цинк активнее выносятся из горизонта В, чем из горизонта А. Материнская порода меньше подвержена выносу цинка.

Таблица 1

*Специфические состояния валового содержания микроэлементов в почвах Приобского плато в зависимости от мощности гумусового горизонта, см ( $M_h$ )*

Мощность гумусового горизонта	Микроэлементы, мг/кг					
	Си	Мо	Мп	Zn	Со	В
< 50	< 35	> 0,8	> 1000	< 70	> 18	< 50
50-55	< 35	0,6-0,8	900-1000	70-90	16-18	50-70
55-60	> 35	0,6-1,0	900-1000	70-90	16-18	> 70
> 60	> 35	> 1,0	< 900	> 90	< 14	< 50

Специфические состояния содержания микроэлементов в горизонтах А, В и С почв Приобского плато

№	Горизонт	Валовое содержание микроэлементов, мг/кг					
		Си	Мо	Мп	Zn	Со	В
1	2	3	4	5	6	7	8
1	А	> 40	> 0,9	> 1000	> 60	> 10	> 50
2	В	30-40	0,6-0,9	> 900	50-60	> 10	> 50
3	С	< 30	< 0,6	< 900	< 50	< 10	< 50

Информационно-логический анализ и специфические состояния дали возможность установить количество микроэлементов, наиболее характерно для горизонтов А, В и С почв **Приобского плато Алтайского края**. Анализ показал, что иногда в горизонте В содержится микроэлементов меньше, чем в горизонте А. Это касалось валового содержания молибдена, меди, марганца и цинка. Значительно чаще эти различия наблюдались относительно подвижных форм микроэлементов и проявлялись в более низком содержании их в горизонте В по сравнению с горизонтом А. Так, на территории **Приобского плато** это касалось молибдена, марганца, цинка и кобальта. Уменьшение содержания в горизонте В по сравнению с горизонтом А подвижных форм микроэлементов может нанести ущерб пищевому режиму растений.

Уменьшение содержания в горизонте В по сравнению с горизонтом А подвижных форм микроэлементов свидетельствует о возможности ухудшения пищевого режима растений при выходе в результате эрозийных процессов на поверхность почвы горизонта В. Особенно это вероятно по отношению к подвижным формам цинка, марганца и кобальта.

Гумусное состояние почв служит важным показателем их плодородия. Уменьшение содержания в почве гумуса при деградации ведет к частичной или полной утрате плодородия. При этом ухудшается химический и качественный состав гумуса, снижаются запасы элементов питания в почве, в том числе и микроэлементов. Гумус является важнейшим фактором миграции и аккумуляции микроэлементов в почве, способствуя вовлечению минеральных компонентов в биологический круговорот, благодаря адсорбционным свойствам. Он закрепляет ионы микроэлементов в почве, предохраняя их от вымывания. Вероятность накопления микроэлемента гумусом увеличивается при возрастании степени его биофильности [3]. В ходе почвообразования в гумусовой оболочке, и особенно в верхней части горизонта А, накапливаются наиболее биогенные элементы. Снижение содержания гумуса при де-

градации почвы делает необходимым изучение микроэлементной сущности почвообразовательного процесса и поведения микроэлементов в почвах с различным содержанием гумуса. Используя информационно-логический анализ, мы установили специфические состояния содержания в горизонтах А и АВ + В почв Приобского плато Алтайского края микроэлементов в зависимости от содержания в них гумуса (табл. 3).

Анализируя данные (табл. 3), можно констатировать, что наиболее низким валовым содержанием микроэлементов в горизонте А характеризуются менее гумусированные почвы с содержанием гумуса < 3,5%. В горизонте А связь между содержанием в почве гумуса и валовых марганца и бора криволинейная, что обусловлено возможностью накопления этих элементов в менее гумусированных почвах небиогенным путем.

В горизонте АВ + В связь между содержанием гумуса и валовым содержанием кобальта и бора прямая, а цинка и молибдена — криволинейная. При низком содержании гумуса в этих горизонтах валовое содержание в них цинка и молибдена может быть и самым низким, и самым высоким. Эти элементы, будучи активными водными мигрантами, способны перемещаться вниз по профилю и аккумулироваться на карбонатном барьере.

Менее гумусированные горизонты А почв **Приобского плато Алтайского края** содержат меньше подвижных форм микроэлементов, чем более гумусированные (табл. 4). Содержание в них подвижных форм меди, молибдена, марганца и цинка часто бывает более высоким, чем в менее гумусированных. Это связано не только с биогенной аккумуляцией этих элементов, но и с другими абиогенными факторами аккумуляции, которыми обладают верхние горизонты почвы (например, илестая фракция и аэрация).

Связь между содержанием в горизонте АВ + В гумуса и подвижных форм меди, молибдена, цинка, кобальта и бора криволинейная. Иногда в менее гумусированных горизонтах подвижных форм этих элемен-

тов содержится больше, чем в более гумусированных. Это можно связать с их абигенным накоплением и высокими миграционными характеристиками.

Анализируя пределы колебаний валового содержания микроэлементов в более эрозионно-опасных почвах Приобского плато, сопоставляя эти данные с данными об их валовом содержании в менее эрозионно-опасных почвах края, мы отметили, что не

все элементы утрачиваются при эрозии (табл. 5).

По данным таблицы 5 в более эрозионно-опасных почвах **Приобского плато Алтайского края** содержание подвижных форм меди, молибдена и марганца снижается по сравнению с менее эрозионно-опасными. Содержание подвижных форм цинка, кобальта и бора значительно снижается в более эрозионно-опасных почвах **Приобского плато**, что приводит к их утрате.

Таблица 3

*Специфические состояния валового содержания микроэлементов в почвах Приобского плато в зависимости от содержания в них гумуса*

Гумус, %	Микроэлементы, мг/кг					
	Си	Мо	Мп	Zn	Со	В
Горизонт А						
< 3,5	< 35	< 1,0	< 700	< 45	< 15	< 50; > 90
3,5-4,0	35-45	0,6-1,0	< 700; > 1300	45-60	> 15	70- > 90
4,0-5,0	> 45	1,0-1,4	700-1300	45-60	> 15	70- > 90
> 5,0	> 45	> 1,4	700-1300	> 60	> 15	> 90
Горизонт АВ + В						
< 1,0	< 30	< 0,6; > 1,0	< 30<0	< 20	< 15	< 90
1,0-1,5	30-40	< 0,6; -1,0-1,4	< 100	20-40	12-15	> 90
1,5-2,0	30-40	0,6-1,0	700-1300	40-60	> 15	> 90
> 2,5	> 40	0,6-1,0	> 100	20-60	> 15	> 90

Таблица 4

*Специфические состояния содержания подвижных форм микроэлементов в почвах Приобского плато Алтайского края в зависимости от содержания в них гумуса*

Гумус, %	Микроэлементы, мг/кг					
	Си	Мо	Мп	Zn	Со	В
Горизонт А						
< 3,5	< 2,5	< 0,07	< 50	< 0,8	< 1,5	< 0,4
3,5-4,0	2,5-4,5	0,07-0,11	50-100	< 0,8-1,5	1,5-2,2	0,4-1,0
4,0-5,0	2,5-5,5	0,09-0,11	-0,1150	0,8-1,5	2,2-3,0	0,7- > 1,0
> 5,0	> 4,5	> 0,11	100-> 150	1,5; > 2,2	> 2,2	0,7- > 1,0
Горизонт АВ + В						
< 1,0	< 3,0	< 0,05; > 0,1	< 20	< 0,8; > 2,2	< 1,3	< 0,2
1,0-1,5	< 3,0; > 5,0	0,05-0,08	20-70	< 0,8; > 2,2	< 1,3; > 2,0	< 0,2; > 0,4
1,5-2,5	3,0-5,0	0,08-0,10	20-70	0,8-1,3	< 1,3	0,2-0,4
> 2,5	3,0-5,0	0,08-0,10	50; > 70	1,3-2,2	1,3-2,0	0,2-0,4

Таблица 5

*Пределы колебаний содержания микроэлементов в более эрозионно-опасных почвах Алтайского края*

№	Микроэлементы, мг/кг					
	Си	Мо	Мп	Zn	Со	В
Валовое содержание, мг/кг						
1	> 30	< 1,0-> 1,2	> 10	< 50-> 60	> 10	< 70-> 80
2	< 30-> 50	< 1,0-> 1,2	> 800	> 50	> 10	< 70-> 80
Подвижные формы, мг/кг						
1	< 3-> 5	< 0,06-> 0,08	< 100	< 1,3	> 1,5	< 0,5-> 0,6
2	< 3-> 5	< 0,06-> 0,08	< 100	< 1,0-> 1,3	< 1,5-> 2,0	< 0,6

Примечание. 1 — менее эрозионно-опасные; 2 — более эрозионно-опасные почвы.

В заключение сделаем следующие выводы: природные условия **Приобского плато** (рельеф, климат, материнские породы) предопределяют возможность развития эрозионных процессов, снижающих плодородие почв и содержание в них микроэлементов. Эрозионные процессы сопровождаются потерей гумуса, почвы утрачивают «организованное» состояние, проявляющееся в оптимальном соотношении в ней наиболее биологически значимых микроэлементов. Наиболее биологически значимыми в условиях **Алтайского края** являются цинк и молибден, т.к. обладают высокими коэффициентами биологического поглощения (КБП). Эти элементы по сравнению с остальными накапливаются биогенным путем, т.к. характеризуются более высоким содержанием в золе

растений по сравнению с содержанием их в материнской породе.

#### Библиографический список

1. Жуков В.Д. Оценка содержания валовых форм тяжелых металлов в агроландшафтах Красноярского края / В.Д. Жуков, А.Я. Ачканов // Тяжелые металлы в окружающей среде: тез. докл. Междунар. симпоз. Пущино, 1996. С. 73-74.
2. Орлов А.Д. Эродированные почвы и повышение их плодородия / А.Д. Орлов, А.А. Танасиенко. Новосибирск: Наука, 1985. С. 24-26.
3. Ильин В.В. Химические элементы в системе почва-растение / В.В. Ильин. Новосибирск: Наука, 1982. С. 18-28.



УДК 636.082.2+636.083

Г.Д. Толкушкина,  
Н.Г. Сарычев,  
А.С. Кашин

### **КОНЦЕНТРАЦИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ, ВОДЕ И КОРМАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

Современные промышленные предприятия выбрасывают в атмосферу, почву и воду огромное количество токсичных веществ. Это приводит к нарушению закономерностей концентрации и перераспределения тяжелых металлов в компонентах природных ландшафтов. Тяжелые металлы относятся к числу наиболее опасных для природной среды химических загрязняющих веществ. Они способны мигрировать по трофическим цепям с выраженным аккумулятивным эффектом (Хурчакова А.И., Хурчакова С.В., 1999; Овчаренко М.М., 2001; Кашин А.С., 2003).

Концентрация тяжелых металлов в почвах Алтая широко варьирует по биогеосистемам края. При этом уровень содержания тяжелых металлов в почве не всегда отражает их накопление в растениях и производимой животноводческой продукции (Антонова О.И., 2000). Поэтому информация о накоплении и распределении тяжелых металлов в почве, воде и кормах поможет прогнозировать их содержание в продуктах животного происхождения, нормировать их поступление в организм животных с целью получения экологически безопасных продуктов животноводства для питания населения.

#### Материал и методы

В соответствии с поставленной задачей нами проведен отбор 82 образцов почв, 40 проб воды и 70 проб кормов из базовых хозяйств лесостепной зоны Алтайского края, которые расположены:

- в очагах высокой загрязненности экосистем (ОПХ «Докучаево г. Барнаул»);
- на территории максимальных промышленных и агропроизводственных нагрузок (ЗАО «Зимино» Ребрихинского района);
- в зоне накопления и перераспределения загрязнений на природных барьерах (СПК «Киприно» Шелаболихинского района);
- на условно удовлетворительной в экологическом отношении агропроизводственной территории (колхоз «Победитель» Тюменцевского района).

#### Результаты исследований

Установлено, что содержание ртути, свинца и мышьяка в почвенном покрове по изучаемым образцам проб не выходит за пределы допустимых концентраций во всех базовых хозяйствах лесостепной зоны. Однако концентрация кадмия в почвенном покрове ЗАО «Зимино» и СПК «Киприно»