

# МЕДЬ, МАРГАНЕЦ И БОР

В ЛАНДШАФТАХ  
БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ  
И НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

НОВОСИБИРСК-1971

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR  
SIBERIAN BRANCH  
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND AGROCHEMISTRY

**COPPER,  
MANGANESE  
AND BORON  
IN LANDSCAPES  
OF BARABA DEPRESSION  
AND NOVOSIBIRSK PRIOBYE**

EDITOR-IN-CHIEF W.B.ILJIN,  
CANDIDATE OF AGRICULTURAL SCIENCE

PUBLISHING HOUSE „NAUKA” • SIBERIAN BRANCH  
NOVOSIBIRSK • 1971

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

МЕДЬ,  
МАРГАНЕЦ  
И БОР  
В ЛАНДШАФТАХ  
БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ  
И НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР  
КАНДИДАТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК  
В.Б.ИЛЬИН

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» • СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
НОВОСИБИРСК • 1971

В сборнике представлены новые материалы о содержании и закономерностях распределения меди, марганца и бора в материнских породах, почвах, растениях и водах ландшафтов Барабинской низменности и Новосибирского Приобья. Приводятся результаты режимных наблюдений за динамикой содержания подвижных форм микроэлементов в почвах и опытов с микроудобрениями. Книга представляет интерес для почвоведов, биогеохимиков, агрохимиков, агрономов и других специалистов.

В биогеохимии в настоящее время одним из основных разделов является учение о микроэлементах. Значение микроэлементов в жизни растений, животных и человека уже не вызывает сомнений, так как многочисленные научные исследования и практика применения микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине показали, что для нормальной жизнедеятельности организмов в первую очередь необходимы медь, марганец, бор, цинк, кобальт, молибден, йод.

Недостаток или избыток какого-либо из этих элементов в питательной среде отрицательно влияет на рост, развитие и качественный состав растений, что, в первую очередь, отражается на здоровье животных и человека.

Для обоснования конкретных мероприятий по применению микроэлементов в сельском хозяйстве совершенно необходимо знать уровень содержания их в отдельных компонентах ландшафта (почвах, растениях, водах), а также изучить формы, условия и пути их миграции.

В Западной Сибири исследования микроэлементов начались 30-35 лет назад. Это были главным образом вегетационные и полевые опыты, проводившиеся сотрудниками Томского университета (М.М.Окуцов, Т.П.Славина, В.М.Елисеева), Омского (А.З.Ламбин) и Новосибирского (А.С.Радов) сельскохозяйственных институтов. Результаты этих исследований показали, что медь, марганец, бор и другие микроэлементы в зависимости от дозы, сорта культуры, почвы в различной степени способствуют повышению урожая, улучшают его качество.

Работы, проводившиеся позднее (В.С.Федорова, Г.В. Делова, И.В.Бородин, П.С.Иваровский, И.Н.Шабалин, Э.Д.Орлова и др.), также касались вопросов влияния микроудобрений на величину и качество урожая различных сельскохозяйственных культур.

В 50-е и последующие годы появляются первые сведения о содержании микроэлементов в почвах и растениях юга Западной Сибири (Д.И.Иванов, Л.Г.Машарова, В.Е.Андреевская, Г.Е. Пашнева, Г.П.Гамзиков и др.).

С 1962г коллективом лаборатории плодородия почв Биологического института СО АН СССР (с 1969г. эта лаборатория входит в состав Института почвоведения и агрохимии СО АН СССР) под руководством В.Б.Ильина были начаты исследования по биогеохимии меди, марганца, бора и молибдена в ландшафтах юга Западной Сибири. Результаты этих исследований по меди, марганцу и бору, проведенные на территории Барабинской низменности, Приобского плато, долины р.Оби и Салаирского кряжа (в границах Новосибирской области) приведены в настоящем сборнике и представляют интерес для почвоведов, агрохимиков и других специалистов.

### Методы исследования

В основу исследований положен сравнительно-географический метод с закладкой ключевых точек и взятия из них образцов почв, почвообразующих пород, растений и проб поверхностных и почвенно-грунтовых вод.

Определение микроэлементов в этих объектах проведено общепринятыми аналитическими методами.

Валовое содержание меди, марганца, бора в почвах и породах определено количественно методом эмиссионного спектрального анализа. Приготовление синтетических эталонов выполнено по методике Н.Г.Зырина, Г.Д.Белицкой и А.И.Обухова (1962). Определение валовых количеств меди и марганца выполнено на спектрографе ИСП-28, бора - на ДФС-8.

Ошибка воспроизводимости при определении валовой меди составляла 9,6%, валового марганца - 17%, бора - 10%.

Все спектральные определения микроэлементов в почвах выполнены в лабораторий плодородия почв Института почвоведения и агрохимии СО АН СССР инженером-спектроскопистом З.Ф.Кургаевой, за что авторы выражают ей глубокую признательность.

Медь, марганец и бор в растениях, торфах, лесных подстилах и водах, а также их подвижные формы в почвах определяли колориметрическими методами: медь — дитизиновым (по Ринькису, 1963 с учетом методических указаний Е.В.Арипушкиной (1952) и М.П.Чмелова (1960)), марганец — персульфатным с последующим колориметрированием на ФЭК-М, бор — с хинализарином по Бергеру и Труогу (Агрохимические методы исследования почв, 1954).

Определение подвижного марганца в почвах проводили по прописи М.П.Чмелова (1960).

Ошибки воспроизводимости при определении меди и марганца в этих объектах составляли 6–8%, бора — 4–13%.

Микроэлементы медь и марганец были определены в илистой фракции (спектральным методом) и органическом веществе (дитизиновым методом) некоторых почв Салаира и Присалаирской равнины.

Отмучивание илистой фракции почв проведено по методике Н.И.Горбунова (1960) с последующим выпариванием суспензии на водяной бане.

Перегонные вещества выделяли из почв с помощью  $\text{O}_2$  и  $\text{NaOH}$  без предварительного удаления обменного кальция. Приготовление щелочных вытяжек, сжигание органических веществ в них и последующее растворение зольного остатка выполнено по прописи А.С.Шаровой (1957).

Кроме микроэлементов меди и марганца в изученных почвах определяли гумус (по методу Турина в модификации Симакова), рН водной суспензии (потенциометрически) и механический состав почв (по методу Качинского).

Наблюдения за динамикой содержания микроэлементов в почвах, растениях и водах проводили на стационарных участках в течение вегетационных периодов 1965–1968 гг. Почвенные образцы брали буром из генетических горизонтов, один раз в месяц до глубины 1 м, на Салаире — до 2 м. Площадь для отбора проб равнялась 100 м<sup>2</sup>. Образцы брали из 5 точек, составляли среднюю пробу и анализировали с учетом их естественной влажности.

Микроэлементы в растительных пробах определяли после их высушивания до воздушно-сухого состояния.

Для изучения влияния микроэлементов меди и марганца на урожай зерновых культур были заложены вегетационные и полевые опыты.

Вариационно-статистическая обработка аналитических показате-

телей изученных объектов выполнена в соответствии с указаниями Н.А.Плохинского (1961). Результаты полевых и вегетационных опытов обработаны методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1968).

В сборнике приняты условные обозначения:

- $n$  — число показателей в определении (объем выборки)
- $M$  — средняя арифметическая величина
- $m$  — ошибка средней арифметической
- $r$  — коэффициент корреляции
- $m_r$  — ошибка коэффициента корреляции
- $t_r$  — показатель достоверности коэффициента корреляции
- $v$  — коэффициент вариability показателей
- $m_v$  — ошибка коэффициента вариability
- $t_D$  — показатель достоверного различия двух средних величин
- $\sigma$  — квадратичная ошибка
- $\chi$  — степень отличия фактического распределения частот от теоретического (показатель Пирсона)
- $\nu$  — степень свободы
- $A$  — показатель асимметрии в распределении
- $t_A$  — показатель достоверности асимметрии в распределении
- $\xi$  — показатель эксцесса в распределении
- $t_\xi$  — показатель достоверности эксцесса в распределении
- $P$  — степень вероятности (принятый в наших исследованиях уровень доверительной вероятности  $P = 0.95$ )
- $t$  — показатель Фишера-Стьюдента
- $\lim$  — пределы, т.е. наименьшее и наибольшее значения признака
- $nsp_{05}$  — наименьшая существенная разница сравниваемых показателей при  $P = 0.95$

Валовое количество микроэлементов рассчитано на прокаленную при  $450^\circ\text{C}$  навеску почвы, содержание подвижных форм микроэлементов на воздушно-сухую почву. В растительных пробах количество микроэлементов рассчитано на сухое вещество.

## Л и т е р а т у р а

Агрохимические методы исследования почв. М., изд-во АН СССР, 1954.

А р и н у ш к и н а Е.В. К методике определения марганца в



почвах и растениях. - Уч.зав. МГУ, вып.141, почвоведение. М., 1952.

Г о р б у н о в Н.И. Методика подготовки почв, грунтов, взвешенной рек и осадков морей к минералогическому анализу. - Почвоведение, 1960, № II.

Д о с п е х о в Б.А. Методика полевого опыта. М., "Колос", 1968.

З ы р и н Н.Г., Б е л и ц ы н а Г.Д., О б у х о в А. И. Указания к определению валового содержания микроэлементов в почвах спектральным методом. М., изд-во МГУ, 1962.

П л о х и н с к и й Н.А. Биометрия. Новосибирск, 1961.

Г и н ь к и с Г.Я. Методы ускоренного определения микроэлементов в биологических объектах. Рига, 1963.

Ч м е л о в М.П. К методике определения подвижного марганца в почве. - В сб.: "Почвы Башкирии и пути рационального их использования" (Тр. Ин-та биологии Башкирского филиала АН СССР, вып.3). Уфа, 1960.

Ш л о в а А.С. Содержание микроэлементов - меди, цинка, кобальта и марганца - в некоторых почвах Латвийской ССР. - Почвоведение, 1957, № 3.

**БИОГЕОХИМИЯ И АГРОХИМИЯ  
МЕДИ И МАРГАНЦА  
В БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

Микроэлементы, в том числе медь и марганец, в почвах и растениях Барабинской низменности (Барабы) мало исследованы.

Начало изучению микроэлементов в почвах Барабы положил Д.Н. Иванов (1950), который на примере нескольких разрезов барабинских солонцов и солончаков показал характер распределения меди в почвах грунтового увлажнения.

В верхней толще некоторых почв Барабы без подразделения на генетические горизонты микроэлементы определял А.С. Михайлов (1962).

Позже в нашей работе, выполненной совместно с А.А. Трейман (1966), а также в исследовании В.Б. Ильина (1967) была дана общая характеристика содержания и распределения меди и марганца в почвах юга Западной Сибири, составной частью которой является Барабинская низменность.

Исследования микроэлементов в растительности рассматриваемого региона были выполнены в основном с целью определения обеспеченности естественных кормов медью и марганцем (Машарова, Бессонова, 1960; Машарова, 1966; Скуковский, 1969).

Изучение отзывчивости сельскохозяйственных культур на внесение медных и марганцевых микроудобрений на почвах Барабы не проводилось. Исключение составили торфяные почвы, на которых в середине 30-х годов на территории Убинской опытно-мелиоративной станции (УОМС) были поставлены полевые опыты с медными и марганцевыми удобрениями (Бельский, 1934, 1936; Чугунов, 1935). В этих опытах учитывали урожай зеленой массы овса. Опыты, по существу, не дали положительных результатов. В опытах В.И. Бель-

ского лишь только по последствию медного купороса была получена некоторая (около 20%) прибавка сухой массы овса.

Все эти исследования носили в основном рекогносцировочный характер. Между тем, своеобразие природных условий Барабинской низменности<sup>х)</sup> и ее большое сельскохозяйственное значение требуют решения многих научных и практических вопросов, связанных с проблемой микроэлементов:

1) определить содержание и выявить закономерности распределения валовых и подвижных форм меди и марганца в основных типах почв;

2) изучить содержание меди и марганца в растениях;

3) выяснить, на каких почвах сельскохозяйственные культуры отзываются на внесение медных и марганцевых удобрений.

## МЕДЬ И МАРГАНЕЦ В ПОЧВАХ

Изучением были охвачены основные компоненты почвенного покрова: подзолистые и дерново-подзолистые почвы, черноземы, луго-но-черноземные, луговые, лугово-болотные и болотные почвы, а также солонцы и солоды. В почвенных образцах, отобранных по профилям из основных генетических горизонтов, включая почвообразующую породу, определяли валовое содержание и подвижную форму меди и марганца. В некоторых почвах изучали динамику содержания подвижной формы микроэлементов в течение вегетационного периода. Кроме того, сделана попытка выявить степень зависимости содержания меди и марганца в почве от ее механического состава, гумусированности и других факторов.

### Валовое содержание меди и марганца в почвах

Принято считать, что уровень содержания микроэлементов в почвообразующих породах в той или иной степени наследуется формирующимися на них почвами.

Распространенными почвообразующими породами являются карбонатные озерно-речные и делювиальные отложения средне- и тяжело-суглинистого механического состава, реже глинистого. Легкосуглинистые и супесчаные отложения встречаются в пределах гривного рельефа.

---

х) Исследования проведены на территории Барабинской низменности в пределах Новосибирской области.

Содержание меди в материнских породах Барабы увеличивается с утяжелением их механического состава и равно в среднем: в супесях - 18, легких и средних суглинках - 28, в тяжелых суглинках и глинах - 33 мг/кг. Механический состав пород не оказывает существенного влияния на концентрацию в них марганца и валовое количество этого микроэлемента в среднем составляет 780 мг/кг.

В процессе почвообразования происходит перераспределение микроэлементов в профиле почв, в результате чего связь между содержаниями микроэлементов в почвах и почвообразующих породах нарушается и не всегда обнаруживается.

Характер распределения меди и марганца в профиле почв (табл. 1) определяется направлением и интенсивностью почвообразовательного процесса. При подзолообразовании и осолодении, а также в результате солонцового процесса медь выносится из верхней части профиля и накапливается в иллювиальном горизонте. Дерновый процесс, наиболее ярко выраженный в черноземах и лугово-черноземных почвах, способствует накоплению меди в гумусовом горизонте. Достоверное накопление марганца обнаружено в большинстве почв Барабы (табл. 2).

Среднее валовое количество меди в гумусовом горизонте большинства минеральных почв составляет 30-40 мг/кг и марганца - 980-1400 мг/кг (см. табл. 2). Исключение составляют южные черноземы и лугово-черноземные почвы, средняя концентрация меди в которых соответственно равна 26 и 47 мг/кг.

Результаты анализа болотных почв (табл. 3) свидетельствуют об общем низком уровне и большой пестроте валового содержания изученных микроэлементов. Эта особенность рассматриваемых почв обусловлена главным образом неодинаковой мощностью торфяной залежи, что наглядно проявляется при изучении меди.

Количество меди в торфяной залежи значительно меньше ее содержания в подстилающей торф породе. Кроме того, концентрация этого элемента в верхней части торфяного слоя уменьшается с увеличением мощности последнего. Эта закономерность прослеживается при сопоставлении торфянисто-болотных почв, торфяно-болотных почв и торфяников. В торфе торфянисто-болотных почв количество валовой меди редко опускается ниже 13-15 мг/кг, тогда как в верхнем (0-30 см) слое торфяно-болотных почв и торфяников ее содержание значительно меньше и составляет соответственно не более 10 и 7 мг/кг.

Таблица (table) 1

Валовое содержание меди и марганца в почвах  
Total copper and manganese content in soils

Горизонт (Horizon)	Глубина (Depth), см (cm)	Cu мг/кг (ppm)	Mn	Горизонт (Horizon)	Глубина (Depth), см (cm)	Cu мг/кг (ppm)	Mn
1	2	3	4	1	2	3	4
Разрез - 45 I Сильноподзолистая, Кыштовский район (Strongly podzolic)				Разрез - 48 I Выщелоченный чернозем, Усть-Тарский район (Leached chernozem)			
A <sub>0</sub>	0-6	50,1	3631	A <sub>I</sub>	0-10	45,2	2042
A <sub>2</sub>	7-17	24,1	1403	A <sub>I</sub> B	24-34	37,3	1537
A <sub>2</sub> B	23-33	49,4	575	B	40-50	33,3	1484
B	52-62	57,8	588	C	90-100	31,6	1202
BC	97-107	53,4	442	C	185-195	27,6	1268
C	123-133	48,1	355				
C <sub>г</sub>	204-214	36,3	467				
Разрез - 457 Дерново-сильноподзолистая, там же (Soddy strongly podzolic)				Разрез - 10 Южный чернозем, Баганский район (Southern chernozem)			
A <sub>пах</sub>	0-17	33,9	1083	A <sub>пах</sub>	0-20	27,7	1032
A <sub>2</sub>	17-27	36,7	617	B	25-35	24,2	658
A <sub>2</sub> B <sub>I</sub>	30-40	45,2	447	BC	50-60	25,4	767
B <sub>I</sub>	50-60	47,6	457	C <sub>к</sub>	85-95	27,8	667
B <sub>2</sub>	70-80	42,7	575	C	160-170	17,0	668
C	120-130	42,7	630				
C <sub>г</sub>	202-212	38,9	776				
Разрез - 478 Выщелоченный чернозем, Барабинский район (Leached chernozem)				Разрез - 455 Лугово-черноземная оподзоленная, Кыштовский район (Meadow chernozem podzolic)			
A <sub>пах</sub>	0-22	33,8	1122	A <sub>пах</sub>	0-22	42,6	891
AB	30-40	26,3	1011	A <sub>I</sub> A <sub>2</sub>	22-28	41,0	724
B	50-60	28,8	1230	A <sub>2</sub> B <sub>I</sub>	30-40	42,7	610
BC	80-90	26,3	972	B <sub>I</sub>	60-70	40,0	630
C	165-175	26,3	758				

Таблица I (окончание)  
Termination of table 1

1	2	3	4	1	2	3	4
Разрез - 455				Разрез - 462			
B <sub>2</sub>	120-130	37,2	603	Солонец среднестолбчатый, Чулымский район (Medium- -columnar solonetz)			
C	160-170	38,0	646				
C	213-223	39,8	758				
Разрез - 458				Разрез - 480			
Лугово-черноземная типичная, там же (Meadow chernozemic mo- dal)				Солодь, Барабинский район (Solod)			
A <sub>d</sub>	0-4	44,0	1349	A <sub>I</sub>	0-10	36,3	1413
A <sub>I</sub>	4-14	46,8	1362	B	30-40	52,5	603
A <sub>I</sub> B	24-34	38,7	754	BC	65-75	35,5	661
B	45-55	44,7	881	BC	110-120	31,6	562
BC	90-100	40,0	813	C	200-210	28,8	724
C	165-175	39,7	841				
Разрез - 487							
Луговая солонцеватая, Татарский район (Meadow alkoline)							
A <sub>I</sub>	0-10	51,3	1259	A <sub>I</sub>	0-9	40,1	2000
A <sub>I</sub> B	25-35	40,7	982	A <sub>2</sub>	10-20	20,8	1080
B	40-50	47,8	977	B <sub>I</sub>	25-35	50,2	1300
BC	100-110	32,4	855	B <sub>2</sub>	70-80	32,1	1046
BC	160-170	37,2	912	BC	190-200	37,2	832

С.М.Манская, Т.В.Дроздова и М.П.Емельянова (1960), изучая торфяники Белоруссии отмечают, что низкое количество меди в этих почвах связано, главным образом, с ее малой концентрацией в подстиляющих торф породах. К сожалению, делая такое заключение, авторы не приводят результатов определения меди в минеральном субстрате.

Сопоставляя наши результаты определения меди в торфяниках Барабы, подстиляющие породы которых нельзя отнести к бедным этим микроэлементом, с результатами определения меди упомянутыми выше авторами можно заметить, что уровни содержания валовой меди

Таблица (table) 2

Среднее содержание и оценка достоверности разности  
содержаний меди и марганца в горизонтах  $A_I(A_{\text{пах}})$  и C  
Mean content and evaluation of trustworthiness of differ-  
ences of copper and manganese content in  $A_I(A_{\text{plow}})$  and C-  
horizons

Почва (Soil)	Горизонт (Horizon)	n	Cu		Mn		t таб- лич- ное при P= 0,95
			M мг/кг (ppm)	t	M мг/кг (ppm)	t	
Черноземы (Chernozems):							
выщелоченный (leached)	A <sub>I</sub> (A <sub>пах</sub> )	5	40		1416		
				6,3		1,8	2,3
солончатый (alkaline)	C	5	25		1018		
южный (southern)	A <sub>I</sub> (A <sub>пах</sub> )	5	26		979		
	C	5	20	3,5	716	4,9	2,3
Лугово-черноземная (Meadow chernozem)	A <sub>I</sub> (A <sub>пах</sub> )	7	47		1161		
	C	7	37	4,7	720	36,1	2,2
Луговая, лугово- болотная (Meadow, meadow boggy)	A <sub>I</sub>	4	36		1375		
	C	4	27	1,7	770	1,4	2,4
Солонец(Solonetze)	A <sub>I</sub>	7	36		1273		
	C	7	34	1,4	853	24,9	2,2
Солодъ (Solod)	A <sub>I</sub>	5	32		1048		
	C	5	28	0,8	691	1,5	2,3

в обоих случаях примерно одинаковые. Следовательно, концентрация меди в минеральном субстрате не является главной причиной малого количества меди в торфяных почвах.

Низкое содержание меди в торфяных почвах Д.Н.Иванов (1950) считает следствием общего процесса обеднения торфа зольными элементами при развитии болот. Обеднение торфяных почв происходило в процессе их формирования и развития и, по нашему мнению, может быть представлено следующей схемой.

Таблица (table) 3

Валовое содержание меди и марганца в торфяных почвах<sup>х)</sup>  
 Total copper and manganese content in peat soils

№ разреза, почва, район	Слой (Layer)	Глубина (Depth), см (cm)	Cu	Mn
			мг/кг (ppm)	
Разрез - 463. Торфяни- сто-болотная, Чулымский район (Peaty soil)	Торф (Peat)	0-22	15,0	700
	Порода (Rock)	22-28	50,6	164
	"	120-130	27,5	890
Разрез - 482. Торфяни- сто-болотная, Усть-Тарский район (Peaty soil)	Торф (Peat)	0-20	22,5	205
	Порода (Rock)	23-33	25,8	155
	"	60-70	27,5	214
Разрез - 456. Торфяно- болотная, Кыштовский район (Peat boggy soil)	Торф (Peat)	0-10	8,8	583
	"	30-40	17,5	306
	Порода (Rock)	52-62	26,5	245
	"	100-110	22,6	300
Разрез - 490. Торфяник, Каргатский район (Peatland)	Торф (Peat)	0-20	5,9	64
	"	30-40	6,9	27
	"	50-60	8,8	36
	"	110-120	11,0	80
	"	130-140	13,1	87
	Порода (Rock)	145-155	35,0	250
Разрез - 9. Торфяник, Убинский район (Peatland)	"	170-180	26,2	327
	Торф (Peat)	0-10	4,7	111
	"	120-130	6,5	34
	Порода (Rock)	140-150	38,7	152
	"			

х) По мощности торфяного слоя эти почвы подразделены на торфянисто-болотные со слоем торфа до 30 см, торфяно-болотные - 30-50 см и торфяники - более 50 см.  
 By thickness of peaty layer these soils are subdivided into peaty soils (peaty layer from 0 to 30 cm), peat boggy soils (peaty layer from 30 to 50 cm) and peatlands (peaty layer more than 50 cm).



В начальной стадии формирования болотных почв происходил процесс биогенного накопления меди. Постепенное увеличение слоя органической массы привело к потере связи корневой системы растений с минеральным субстратом. В этот период растения вынуждены были извлекать медь из образовавшегося слоя торфа, в котором ранее происходило накопление микроэлемента. Поэтому, несмотря на отрыв корневой системы от минерального субстрата, растения еще не испытывали недостатка в медном питании. Дальнейшее нарастание торфяной толщи полностью устраняло влияние минерального субстрата и тех слоев торфа, в которых ранее наблюдалось накопление меди, на условия питания растений этим элементом. Вследствие этого уменьшилось поступление меди в растения и, следовательно, снизилось ее количество в растительных остатках, за счет которых происходило увеличение торфяной залежи. Изменявшиеся условия питания растений в процессе формирования торфяных почв приводили к смене одних видов растений другими, менее требовательными к условиям зольного питания (Вильямс, 1949), в том числе медного, что влекло за собой дальнейшее обеднение торфяной залежи этим микроэлементом.

Таким образом, обеднение медью торфяных почв Барабинской низменности вызвано, как мы полагаем, перераспределением в торфяной толще того количества данного микроэлемента, которое было накоплено в начальной стадии формирования этих почв.

Работами многих авторов (Зырин и др., 1961; Веригина, 1964; Муравлева, 1965; Добрицкая, 1967; Ильин, 1969; Трейман, 1970 и др.) показано, что на содержание микроэлементов в почве влияют гумусированность и дисперсность. Эти факторы являются ведущими и в распределении изученных нами микроэлементов в почвах Барабинской низменности. Подтверждением этому является соответствие характера распределений по профилю почв марганца и гумуса, а также меди и ила (рис.1). Кроме того, путем корреляции у большинства почв региона выявлена связь между содержаниями валовых микроэлементов, с одной стороны, и гумуса и гранулометрических фракций, с другой.

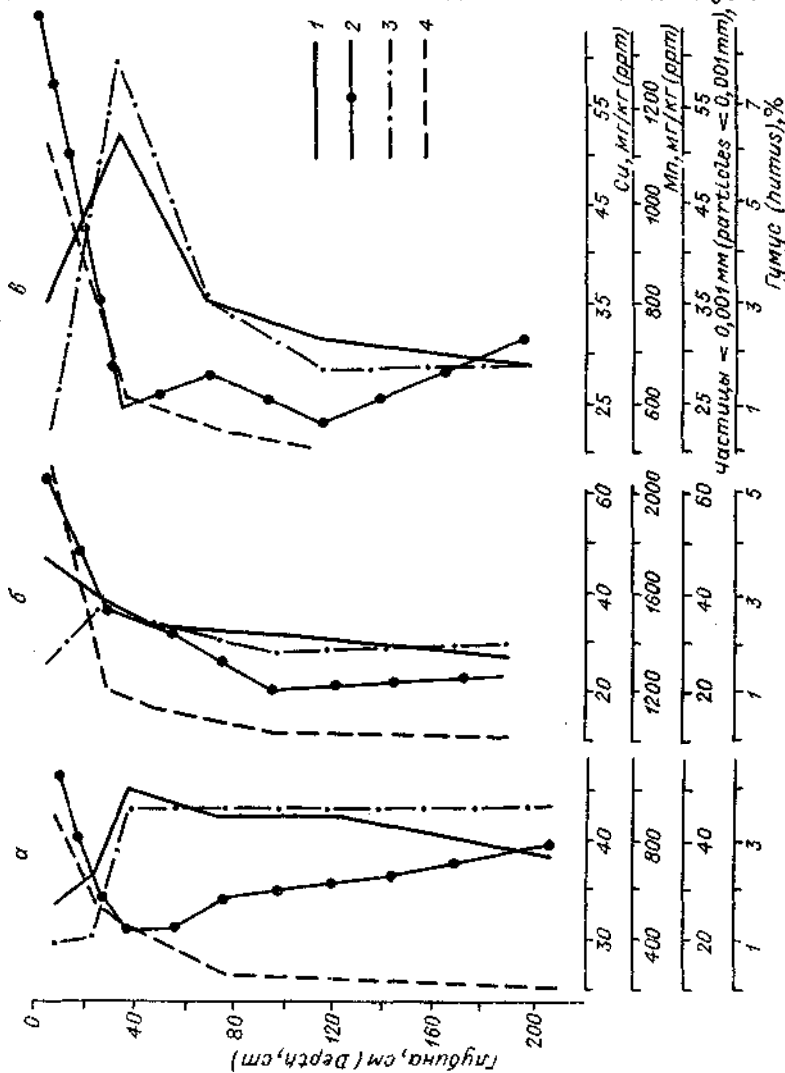
Марганец, по данным некоторых авторов (Маданов, 1953; Шаро-ва, 1957), связан органическим веществом почв в незначительном количестве. Однако в почвах Барабы между содержаниями данного микроэлемента и гумуса выявлена достоверная положительная корреляция, величина коэффициента которой в зависимости от типа

Рис. 1. Распределение  
содержаний Cu, Mn,  
ила и гумуса в про-  
филе дерново-сильно-  
подзолистой почвы (а),  
выщелоченного черно-  
зема (б) и солонча  
(в);

1 - Cu валовая; 2-Mn  
валовой; 3 - частицы  
d < 0,001 мм;  
4 - гумус.

Fig. 1. Content  
distribution of Cu,  
Mn, clay and humus in  
soddy strongly podzo-  
lic soil (a), leached  
chernozem (б) and so-  
lonetz (в);

1 - total Cu-content;  
2 - total Mn-content;  
3 - particles  
d < 0,001 mm;  
4 - humus.



почв изменяется от +0,32 до +0,71. Это явление следует рассматривать, очевидно, как результат биогенного накопления микроэлемента в почвах. Освобождаясь в процессе минерализации растительных остатков, марганец переходит в малоподвижные окисленные соединения и надолго задерживается в гумусовом горизонте почвы, что и является причиной увеличения его валового количества.

Между содержанием меди и гумуса достоверная корреляция обнаружена лишь в черноземах ( $r = +0,69 \pm 0,12$ ) и лугово-черноземных почвах ( $r = +0,57 \pm 0,14$ ), что объясняется, по-видимому, значительным преобладанием в составе гумуса этих почв наиболее конденсированных гуминовых кислот, прочно закрепляющих медь, над фульвокислотами.

Имеющиеся в литературе сообщения (Николаева, 1958; Turski, Lipińska, 1965) свидетельствуют о непостоянном составе гуминовых кислот в течение вегетационного периода. В связи с этим можно предположить, что содержание микроэлементов в этой фракции гумуса в течение вегетационного периода динамично. Чтобы проверить это предположение и дать более полное представление о количестве микроэлементов, связанных гуминовыми кислотами, содержание меди и марганца в последних определяли несколько раз (в мае-октябре) в течение двух лет.

Результаты наблюдений за динамикой содержания меди и марганца в гуминовых кислотах, выделенных из южного чернозема 0,1 и раствором пиррофосфата натрия показали, что в течение вегетационного периода количество микроэлементов непостоянно. Средние концентрации за вегетационные периоды оказались равными 12,4 мг меди и 11,9 мг марганца на 100 г гуминовых кислот. Судя по этим данным, в гуминовых кислотах количество обоих микроэлементов почти одинаковое, хотя в почве марганца содержится в десятки раз больше, чем меди. Это обстоятельство позволяет говорить о том, что в почвах лишь незначительная часть марганца связана органическим веществом, основная же часть его представлена, очевидно, минеральными соединениями.

Корреляционный анализ показал, что связь между содержаниями микроэлементов и каждой в отдельности гранулометрической фракции, входящей в состав физической глины, неодинаковая. В целом же для почв региона свойственно накопление меди в частицах ила, марганца, чаще всего — в частицах пыли.

# Обеспеченность почв подвижной формой меди и марганца

Об обеспеченности почв доступным для растений количеством микроэлементов обычно судят по содержанию их подвижной формы в сухих образцах. Количество подвижной меди и марганца в почвах Барабы варьирует в широких пределах (табл.4).

Таблица (table) 4

Содержание подвижной меди и марганца в почвах  
Movable copper and manganese content in soils

Горизонт (Horizon)	Глубина (Depth), см (cm)	Cu		Mn	
		мг/кг (ppm)	подвижной от валово- вой (movable of total), %	мг/кг (ppm)	подвижного от валового (movable of total), %
I	2	3	4	5	6
Р а з р е з - 451. Сильнопodzолистая, Кыштовский район (Strongly podzolic soil) (Undet)					
A <sub>0</sub>	0-6	7,2	14,3	Не опр.	-
A <sub>2</sub>	7-17	2,4	9,9	92	7,0
A <sub>2</sub> B	23-33	3,8	7,6	26	4,5
B	52-62	5,1	8,8	59	10,0
BC	97-107	5,0	9,3	74	16,7
C	123-133	3,5	7,2	44	12,4
C <sub>g</sub>	204-214	3,7	10,2	77	16,5
Р а з р е з - 457. Дерново-сильнопodzолистая, там же (Soddy strongly podzolic)					
A <sub>пах</sub>	0-17	2,0	5,9	136	12,6
A <sub>2</sub>	17-27	2,5	6,8	59	9,6
A <sub>2</sub> B <sub>I</sub>	30-40	2,0	4,4	30	6,7
B <sub>I</sub>	50-60	2,2	4,6	42	9,2
B <sub>2</sub>	70-80	2,4	5,6	55	9,6
C	120-130	3,0	7,0	84	13,3
C <sub>g</sub>	202-212	3,4	8,7	77	9,9
Р а з р е з - 478. Выщелоченный чернозем, Барабинский район (Leached chernozem)					
A <sub>пах</sub>	0-22	2,8	8,3	65	5,8
AB	30-40	2,6	9,9	33	3,2
B	50-60	2,8	9,7	28	2,2
BC	80-90	2,9	11,0	85	8,7
C	165-175	3,4	12,9	93	12,2

Таблица 4 (продолжение)  
Continuatin of table 4

1	2	3	4	5	6
Р а з р е з - 481. Выщелоченный чернозем, Усть-Турский район (Leached chernozem)					
A <sub>1</sub>	0-10	5,1	11,3	69	3,4
AB	24-34	4,6	12,3	42	2,7
B	40-50	4,5	13,5	39	2,6
C	90-100	4,3	13,6	80	6,6
C	185-195	4,7	17,0	100	7,9
Р а з р е з -10. Южный чернозем, Баганский район (Southern chernozem)					
A <sub>1</sub> max	0-20	2,0	7,2	91	8,8
B	25-35	2,5	10,0	28	4,2
BC	50-60	2,7	10,6	20	2,6
Cк	85-95	2,9	10,4	82	12,3
C	160-170	1,6	9,4	54	8,0
Р а з р е з - 455. Лугово-черноземная оподзоленная, Кыштовский район (Meadow chernozem podzolic soil)					
A <sub>1</sub> max	0-22	3,8	8,9	71	8,6
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	22-28	4,1	10,0	31	4,2
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	30-40	4,7	11,0	22	3,7
B <sub>1</sub>	60-70	5,2	13,0	30	4,8
B <sub>2</sub>	120-130	5,8	15,6	77	12,8
C	160-170	4,5	11,8	101	15,6
C	213-223	4,7	11,8	90	11,9
Р а з р е з - 458. Лугово-черноземная типичная, там же (Meadow chernozem modal soil)					
A	0-4	1,8	4,1	84	6,2
A <sub>1</sub>	4-14	2,4	5,1	112	8,2
A <sub>1</sub> B	24-34	3,7	9,6	43	5,7
B	45-55	2,5	5,6	44	4,9
BC	90-100	3,2	8,0	128	15,8
C	165-175	4,7	11,8	140	16,7

Таблица 4 (продолжение)  
Continuation of table 4

I	2	3	4	5	6
Р а з р е з - 487. Луговая солонцеватая, Татарский район (Meadow solonetzic soil)					
A <sub>I</sub>	0-10	10,5	20,4	108	8,6
A <sub>I</sub> B	25-35	6,8	16,7	52	5,3
B	40-50	6,8	14,2	52	5,3
BC	100-110	4,2	12,9	41	4,8
BC	160-170	3,9	10,5	68	7,4
Р а з р е з - 462. Солонец среднестолбчатый, Чулымский район (Solonetz-medium columnar)					
A <sub>I</sub>	0-10	5,2	14,3	91	6,4
B	30-40	8,1	15,4	33	5,5
BC	65-75	4,7	13,2	298	45,0
BC	110-120	4,5	14,2	221	39,3
C	200-210	4,6	15,9	138	19,1
Р а з р е з - 480. Солодь, Барабинский район (Solod)					
A <sub>I</sub>	0-9	4,6	11,4	304	15,2
A <sub>2</sub>	10-20	2,0	9,6	31	2,8
B <sub>1</sub>	25-35	6,2	12,3	48	3,7
B <sub>2</sub>	70-80	3,1	9,6	28	2,7
BC	190-200	5,3	14,2	92	11,0
Р а з р е з - 463. Торфянисто-болотная, Чулымский район (Peaty soil)					
Торф (Peat)	0-22	5,2	34,6	393	56,1
Порода (Rock)	22-28	5,8	11,5	38	23,2
"	120-130	3,8	13,8	63	7,1
Р а з р е з - 482. Торфянисто-болотная, Усть-Тарский район (Peaty soil)					
Торф (Peat)	0-20	4,6	20,4	48	23,4
Порода (Rock)	23-33	4,6	17,8	67	43,2
	60-70	8,3	30,2	28	13,0

Таблица 4 (окончание)  
Termination of table 4

I	2	3	4	5	6
Р а з р е з - 456. Торфяно-болотная, Кыштовский район (Peat boggy soil)					
Торф (Peat)	0-10	1,6	18,2	436	74,7
"	30-40	2,7	15,4	293	95,9
Порода (Rock)	52-62	8,7	32,8	108	85,0
	100-110	8,0	35,4	101	33,7
Р а з р е з - 490. Торфяник, Каргатский район (Peatland)					
Торф (Peat)	0-20	0,7	11,9	16	25,0
"	30-40	0,8	11,6	8	29,6
"	50-60	0,7	7,9	9	25,0
"	110-120	1,5	13,6	38	47,5
"	130-140	1,3	9,9	42	48,3
Порода (Rock)	145-155	4,5	12,8	33	13,2
	170-180	8,3	31,7	14	4,3
Р а з р е з - 9. Торфяник, Убинский район (Peatland)					
Торф (Peat)	0-10	0,6	12,8	61	55,3
"	120-130	0,5	7,7	13	39,0
Порода (Rock)	140-150	6,9	17,8	14	9,2

Судя по среднему содержанию, почвы региона различаются уровнем обеспеченности подвижной формы этих микроэлементов.

Наименьшее количество подвижной меди ( $0,8 \pm 0,1$  мг/кг) свойственно торфяникам. Сравнительно мало ее содержат торфяно-болотные почвы ( $2,6 \pm 1,0$  мг/кг). В черноземах среднее количество подвижной формы меди составляет  $2,5 \pm 0,4$  мг/кг. Наиболее высокие ее концентрации обнаружены в солонцах ( $5,4 \pm 0,7$  мг/кг), а также в луговых и лугово-болотных почвах ( $6,1 \pm 1,5$  мг/кг).

Содержание подвижного марганца во всех изученных почвах довольно высокое. Наибольшее его количество свойственно луговым и лугово-болотным почвам ( $296 \pm 118$  мг/кг), а также солодам ( $242 \pm 123$

мг/кг), наименьшее — черноземам ( $67 \pm 4$  мг/кг) и лугово-черноземным почвам ( $78 \pm 9$  мг/кг).

Некоторыми исследователями (Kosegarten, 1957; Чмелев, 1965; Стоилов, 1967) было замечено, что количество марганца, переходящее в раствор из воздушно-сухих почвенных образцов, изменяется в зависимости от продолжительности их хранения. Это явление подтвердилось результатами наших наблюдений.

При хранении образцов южного чернозема, независимо от глубины их взятия и степени гумусированности, в течение 8,5 месяцев в воздушно-сухом состоянии концентрация подвижного марганца увеличилась относительно исходного содержания в свежих образцах более, чем в 2,5 раза. Данная почва в зависимости от срока выполнения анализа, могла быть отнесена к группам<sup>х)</sup> со средним и высоким содержанием подвижного марганца.

Причины, вызывающие это явление, окончательно не выяснены. Некоторые исследователи полагают, что оно связано с процессом дисмутации, при котором 3-валентные соединения элемента разрушаются и образуются формы 2- и 4-валентного марганца. Соединения 2-валентного марганца, образовавшиеся таким путем, переходят в раствор и тем самым увеличивают содержание подвижной формы микроэлемента.

Таким образом, результаты анализа воздушно-сухих почвенных образцов не всегда верно отражают уровень обеспеченности почв подвижным марганцем.

Наблюдениями многих исследователей (Ноздрунова и др., 1958; Аринушкина, Тран-Куанг Нгай, 1962; Берия, 1963 и др.) установлено, что содержание подвижной формы микроэлементов в почвах непостоянно в течение вегетационного периода.

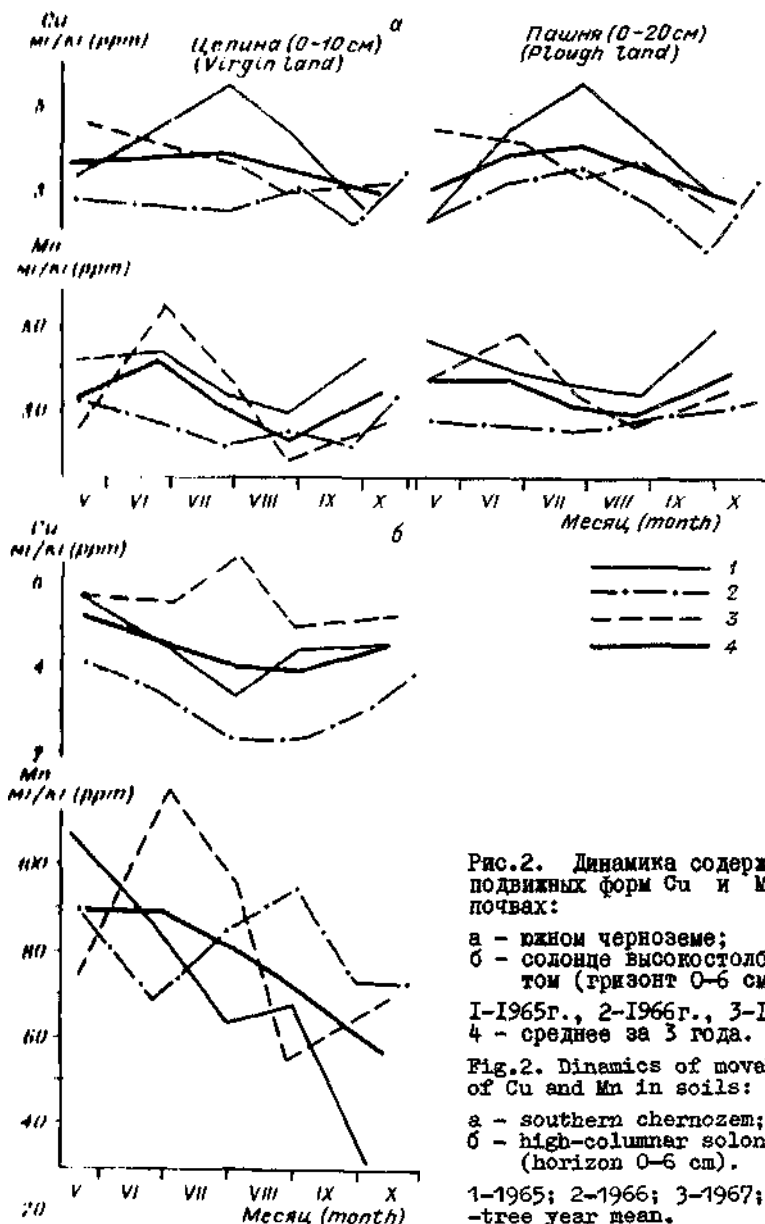
Концентрация этой формы меди и марганца в черноземе южном (целина и пашня), солонце высокостолбчатом, солоди и торфянике, как показали наши наблюдения, изменяется по всему профилю. Наибольшие колебания приурочены к перегнойно-аккумулятивному горизонту почв, в котором активно протекают биохимические процессы.

Ход динамики содержаний подвижных микроэлементов определяется, по нашему мнению, генетическими особенностями почв, а также переменным характером погодных и почвенных условий. В свя-

---

х) В соответствии с грациями Я.В.Пейве (1963)





зи с этим в разные годы он может существенно различаться. Поэтому на основании наших 3-летних наблюдений (рис.2) можно говорить лишь о тенденции повышения концентрации подвижной меди в черноземе южном в середине лета, а в солонце - весной и осенью. Пониженное количество подвижного марганца в этих почвах, как правило, наблюдается в конце лета и в начале осени.

Таким образом, результаты определения концентраций подвижных микроэлементов (по крайней мере марганца) в хранящихся воздушно-сухих, а также одноразовое определение их количеств в свежих почвенных образцах не всегда верно отражают уровень обеспеченности почв доступной формой микроэлементов. Наиболее полную характеристику обеспеченности почв этой фракцией меди и марганца, по нашему мнению, можно получить в результате изучения динамики их содержаний в течение вегетационного периода.

Одновременное изучение в почвах динамики содержаний подвижных микроэлементов и влаги позволило выявить зависимость между этими показателями. Слабая корреляция между влажностью почвы и количеством подвижного марганца обнаружена в черноземе южном ( $r = +0,34 \pm 0,09$ ) и солонце ( $r = +0,31 \pm 0,11$ ) и тесная в солоди ( $r = +0,90 \pm 0,06$ ). Между содержаниями подвижной меди и влаги корреляционная связь выявлена лишь в солонце ( $r = +0,42 \pm 0,11$ ) и солоди ( $r = +0,49 \pm 0,11$ ).

Почвы Барабинской низменности по содержанию подвижной формы меди и марганца в соответствии с градациями Я.В.Пейве (1963) могут быть отнесены в основном к группам средней и высокой обеспеченности. Торфяникам свойственна низкая обеспеченность подвижной медью.

## МЕДЬ И МАРГАНЕЦ В РАСТЕНИЯХ

Растительность принимает активное участие в перераспределении микроэлементов в профиле почв. Участие ее в этом процессе определяется в значительной мере количеством поглощенных микроэлементов.

Содержание меди и марганца изучали в наиболее распространенных на территории Барабинской низменности древесных и кустарниковых породах, а также в травянистых растениях.

Древесные породы поглощают неодинаковое количество марганца (табл. 5), много - береза и хвойные, мало - ива. Не обнаружено заметных различий в концентрации меди, значит древесные породы обладают примерно одинаковой способностью поглощать ее.

Таблица (table) 5

Содержание меди и марганца в древесной растительности,  
мг/кг сухого вещества

Copper and manganese content in arboreal vegetation  
(mg per kg of dry matter)

Растение (Plant)	Исследованная часть растения (Investigated part of the plant)					
	листья (хвоя) (leaves (needles))		кора (bark)		древесина (wood)	
	Cu	Mn	Cu	Mn	Cu	Mn
	мг/кг (ppm)					
1	2	3	4	5	6	7
Р а з р е з - 451. Подзолистая почва (Podzolic soil)						
Лиственница (Larix sibirica)	4,1	515	1,8	769	2,0	113
Осина (Populus tremula)	10,1	276	3,4	165	7,9	16
Ива (Salix elaeagnifolia)	10,0	56	3,9	26	7,0	3
Р а з р е з - 452. Торфяно-болотная почва (Peat boggy soil)						
Сосна (Pinus silvestris)	Не опр. (Undet)	392	3,2	194	2,3	75
Береза (Betula sp.)	4,5	1940	3,4	514	2,6	138
Р а з р е з - 450. Лугово-черноземная оподзоленная почва (Meadow chernozem podzolic soil)						
Береза (Betula sp.)	9,0	429	3,8	120	6,0	36

Таблица 5 (окончание)  
Termination of table

1	2	3	4	5	6	7
Ива ( <i>Salix</i> sp.)	5,1	54	3,7	32	3,8	28
Р а з р е з - 456. Торфяник (Peatland)						
Сосна ( <i>Pinus silvestris</i> )	8,4	323	1,9	123	Не опр. (Undet)	Не опр. (Undet)
Береза ( <i>Betula</i> sp.)	3,8	1757	3,7	530	2,1	107
Ива ( <i>Salix</i> sp.)	3,1	1036	2,7	355	3,5	102
Р а з р е з - 461. Солодь (Soloa)						
Береза ( <i>Betula</i> sp.)	9,8	606	2,2	234	1,2	32
Осина ( <i>Populus tremula</i> )	8,2	144	2,5	67	1,2	15
Ива ( <i>Salix</i> sp.)	8,9	61	3,9	35	2,0	9

Рядом исследователей (Леванидов, 1961; Малыга, 1963 и др.) установлена закономерность уменьшения содержания меди и марганца в следующем порядке: листья (хвоя) → кора → древесина.

Подобная закономерность была обнаружена нами в распределении марганца. Исключение составляет лиственница, в которой наибольшее количество микроэлемента найдено в коре.

В хвое и листьях древесных пород содержится меди от 4 до 10 мг/кг. Много марганца (до 2000 мг/кг) накапливают листья березы, меньше — осины и ивы.

Содержание и распределение меди и марганца в большей части кустарников и кустарничков (табл.6) примерно такое же, как и в древесных породах.

Иное распределение меди обнаружено в бруснике: максимальное количество содержится не в листьях, а в стеблях.

Высокая концентрация марганца свойственна бруснике и голубике, особенно если они выросли на торфяных почвах.

Таблица (table) 6

Содержание меди и марганца в кустарниках и  
кустарничках (мг/кг сухого вещества)  
Copper and manganese content in shrubs and  
dwarf shrubs

Растение (Plant)	Исследованная часть растения (Investigated part of the plant)					
	ПЛОДЫ (fruits)		ЛИСТЬЯ (leaves)		СТЕБЛИ (stalks)	
	Cu	Mn	Cu	Mn	Cu	Mn
	мг/кг (ppm)					
Р а з р е з - 451. Подзолистая почва (Podzolic soil)						
Шиповник (Rosa moschata)	8,0	94	7,2	201	4,0	65
Р а з р е з - 455. Лугово-черноземная оподзоленная почва (Meadow chernozem podzolic soil)						
Малина (Rubus idaeus)	8,1	70	4,4	291	3,6	76
Р а з р е з - 452. Торфяно-болотная почва (Peat boggy soil)						
Голубика (Vaccini- um uliginosum)	Не опр. (Undet)		4,4	1420	4,4	820
Брусника (Vaccini- um vitis idaea)	6,6	560	3,6	1575	9,8	1147
Р а з р е з - 451. Подзолистая почва (Podzolic soil)						
Брусника (Vaccini- um vitis idaea)	Не опр. (Undet)		4,4	868	10,9	922

Способность брусники, а также березы накапливать марганец в большом количестве отмечено рядом исследователей (Маданов, 1953; Леванидов, 1957, 1961 и др.).

Генеративные части кустарников и кустарничков (плоды, соцветия) богаче медью по сравнению с вегетативными. Количество марганца в плодах и соцветиях примерно такое же, что и в стеблях.

Среди дикой травянистой растительности (табл. 7) наибольшее количество меди (более 9 мг/кг) поглощают бобовые, а также ле-

Таблица (table) 7

Содержание меди и марганца в надземной части  
диких травянистых растений  
Copper and manganese content in overground  
part of wild herbaceous plants

Растение (Plant)	Cu	Mn	Растение (Plant)	Cu	Mn
	мг/кг	(ppm)		мг/кг	(ppm)
I	2	3	I	2	3
Р а з р е з - 450. Лугово- черноземная оподзоленная почва (Meadow chernozem podzolic soil)			Мох сфагнум (Sphagnum fuscum)		
			Р а з р е з - 453. Подзоли- стая почва (Podzolic soil)		
Костяника (Rubus saxatilis)	6,0	520	Костяника (Rubus saxatilis)	7,0	288
Вейник (Calamag- rostis sp.)	4,8	78	Земляника (Traga- ria vesca)	10,9	146
Хвощ полевой (Equi- setum arvense)	7,8	46	Клевер луговой (Trifolium pra- tense)	10,5	93
Тимофеевка луговая (Phleum pratense)	8,4	30	Р а з р е з - 454. Луговая оподзоленная почва (Meadow podzolic soil)		
Клевер луговой (Trifolium pra- tense)	11,6	66	Вейник (Calamag- rostis sp.)	1,8	164
Чина луговая (Lathyrus pra- tensis)	11,7	50	Тимофеевка луговая (Phleum pratense)	10,9	65
Р а з р е з - 451. Подзолистая почва (Podzolic soil)			Клевер луговой (Trifolium pratense)		
Костяника (Rubus saxatilis)	6,6	383	Горошек мышиный (Vicia cracca)	13,2	85
Клевер луговой (Trifolium pra- tense)	12,1	137	Р а з р е з - 456. Торфяник (Peatland)		
Клевер белый (Trifolium repens)	14,0	118	Тростник (Phrag- mites communis)	1,6	173
Р а з р е з - 452. Торфяно- болотная почва (Peat boggy soil)			Осока (Carex sp.)	3,5	396
Тростник (Phrag- mites communis)	2,1	194	Щучка (Deschamp- sia caespitosa)	1,3	360
Пушица (Eriopho- rum vaginatum)	3,9	280			

Таблица 7 (окончание)  
Termination of table 7

1	2	3	1	2	3
Хвощ болотный ( <i>Equisetum palustre</i> )	4,7	761	Р а з р е з - 465. Солонец высокостолбчатый ( <i>Solonetz high-columnar</i> )		
Мох сфагнум ( <i>Sphagnum fuscum</i> )	5,2	362	Полинь ( <i>Artemisia</i> sp.)	12,9	82
Р а з р е з - 9. Торфяник (Pentland)			Р а з р е з - 471. Солодь заболоченная ( <i>Swamped solod</i> )		
Хвощ болотный ( <i>Equisetum palustre</i> )	3,4	62	Щучка ( <i>Deschampsia caespitosa</i> )	2,8	244
Р а з р е з - 487. Луговая болотистая почва ( <i>Meadow solonchic soil</i> )			Р а з р е з - 473. Торфянисто-болотная почва ( <i>Peat boggy soil</i> )		
Чина луговая ( <i>Lathyrus pratensis</i> )	7,7	56	Осока ( <i>Carex</i> sp.)	1,0	262
Р а з р е з - 2. Южный чернозем ( <i>Southern chernozem</i> )					
Люцерна желтая ( <i>Medicago falcata</i> )	9,4	42			
Р а з р е з - 460. Солонец высокостолбчатый ( <i>Solonetz high-columnar</i> )					
Полинь ( <i>Artemisia</i> sp.)	11,5	93			

которые растения, произрастающие на солонцах и засоленных почвах (полинь), наименьшее (1-3,5 мг/кг) - представители болотной растительности (осока, тростник, пушица).

Высокое содержание марганца (150-500 мг/кг) свойственно лесному (костянника, земляника, вейник) и болотному (осока, мох) разнотравью. Значительно меньше марганца (50-100 мг/кг) в надземной части компонентов травостоя лугов и степей (злаки, бобовые, полевые).

Культурные растения (табл.8) различаются уровнями концентрации меди. Наибольшее количество ее (6-10 мг/кг) содержится в зерно и соломе гороха, а также в надземной массе кукурузы и льна.

Таблица (table) 8

Содержание меди и марганца в культурной растительности  
Copper and manganese content in cultivated plants

Разрез, почва (Profile, soil)	Растение (Plant)	Исследован- ная часть растения (Investiga- ted part of the plant)	Cu	Mn
			мг/кг (ppm)	
I	2	3	4	5
Разрез - 450. Лугово- -черноземная оподзолен- ная (Meadow chernozem podzolic soil)	Пшеница яро- вая (Spring wheat)	Солома (Straw)	2,3	53
Разрез - 451. Подзо- листая почва (Podzolic soil)	"	"	3,4	68
Разрез - 455. Лугово- -черноземная оподзолен- ная (Meadow chernozem podzolic soil)	"	"	4,2	62
Разрез - 458. Лугово- -черноземная (Meadow chernozemic soil)	"	"	4,1	41
Разрез - 10. Южный чернозем (Southern chernozem)	"	Зерно (Grain)	6,8	34
Разрез - 455. Лугово- -черноземная оподзолен- ная (Meadow chernozem podzolic soil)	Рожь озимая (Winter rye)	"	5,6	Не опр. (Undet)
	Овес (Oats)	Солома (Straw)	6,7	143
Разрез - 457. Дерно- во-сильноподзолистая (Soddy strongly podzolic soil)	"	Зерно (Grain)	6,2	23
		Солома (Straw)	2,5	32



Таблица 8 (окончание)  
Termination of table 8

1	2	3	4	5
Разрез - Ю. Южный чернозем (Southern chernozem)	Кукуруза (Corn)	Надземная часть (Over-ground part)	11,2	66
Разрез- 455. Лугово- -черноземная оподзолен- ная (Meadow chernozem podzolic soil)	— Горох (Pea)	— Солома (Straw)	8,8 6,6	94 59
Разрез - 450. Лугово- -черноземная (Meadow chernozemic soil)	Лен (Flax)	Зерно (Grain) Надземная часть (Over-ground part)	6,4 10,1	25 30

В зерновых культурах меди меньше, особенно в соломе (около 4 мг/кг). Содержание марганца в сельскохозяйственных культурах (пшеница, рожь, овес, кукуруза, горох, лен) изменяется чаще всего от 30 до 100 мг/кг.

Содержание меди и марганца в растениях Барабы зависит не только от систематического положения растений, но и от количества подвижной формы этих микроэлементов в почве (табл.9).

Растения, произрастающие на почвах с высоким содержанием подвижных микроэлементов, как правило, поглощают меди и марганца больше, чем их аналоги, обитающие на почвах с менее значительной концентрацией этих микроэлементов.

Древесные и кустарниковые породы, а также лесное разнотравье в значительном количестве накапливают микроэлементы, особенно марганец. Если учесть, что количество биомассы лесных ландшафтов больше, чем лесостепных и особенно, степных, то можно ожидать наиболее высокое накопление меди и марганца в почвах лесной зоны по сравнению с почвами лесостепной и степной зон. Однако четких различий в уровне накопления изученных микроэлементов в почвах указанных природных зон не обнаружено. Это обстоятельство связано, по-видимому, с интенсивным выносом микроэлементов из почвенной толщи в лесной зоне. Кроме того, концентрированию меди и марганца в почвах лесостепи и степи спо-

Таблица (table) 9

Содержание меди и марганца в растениях в зависимости от обеспеченности почв подвижной формой микроэлементов

Copper and manganese content in plants depending on supply of movable trace elements

Разрез, почва (Profile, soil)	Растение (Plant)	Cu		Mn	
		в почве (in soil)	в расте- нии (in plant)	в почве (in soil)	в расте- нии (in plant)
		мг/кг	(ppm)		
1	2	3	4	5	6
Разрез - 450. Лугово- -черноземная (Meadow chernozem podzolic soil)	Береза(листья) Betula sp. (leaves)	5,0	9,0	75	429
Разрез - 456. Торфяник (Peatland)	—	1,6	3,8	436	1757
Разрез - 450. Лугово- -черноземная оподзолен- ная (Meadow chernozem podzolic soil)	Ива (листья) Salix sp. (leaves)	5,0	5,1	75	54
Разрез - 456. Торфяник (Peatland)	Ива (листья) Salix sp. (leaves)	1,6	3,1	436	1036
Разрез - 450. Лугово- -черноземная оподзолен- ная (Meadow chernozem podzolic soil)	Хвощ полевой Equisetum arvense	5,0	7,8	75	45
Разрез - 457. Дерно- -во-сильноподзолистая (Soddy strongly podzol- ic soil)	—	2,0	2,5	136	71
Разрез - 450. Лугово- -черноземная оподзолен- ная (Meadow chernozem podzolic soil)	Тимофеевка лу- говая Phleum pratense	5,0	8,4	75	30

Таблица 9 (окончание)

1	2	3	4	5	6
Бактерия - Ч. Торфяник (Peatland)	Тимофеевка лу- говая Phleum pratense	0,6	4,4	61	60

ингибирует большую скорость биологического круговорота в этих ландшафтах по сравнению с лесными (Родин, Базилевич, 1965).

### ВЛИЯНИЕ МЕДИ И МАРГАНЦА НА УРОЖАЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В связи с отсутствием исследований по данному вопросу нами была предпринята попытка изучить влияние медных и марганцевых удобрений на урожай сельскохозяйственных культур в полевых и вегетационных опытах.

Судя по обеспеченности почв подвижной формой изученных микроэлементов, вероятный эффект от применения микроудобрений можно ожидать на торфяных почвах, прежде всего на торфяниках и южных черноземах.

В качестве испытуемых растений были взяты ведущие зерновые культуры: на южном черноземе - яровая пшеница, на торфяных почвах - овес. Выбор этих культур обусловлен еще и тем, что овес и пшеница отзывчивы на внесение микроэлементов при их недостатке в почву.

Учитывая исключительно высокую чувствительность пшеницы к "болезни обриотки" и очень низкую обеспеченность торфяных почв подвижной формой меди, в опыты на торфяниках кроме овса была включена пшеница.

### Влияние медного и марганцевого удобрений на урожай яровой пшеницы на южном черноземе

В течение 1965-1967 гг. на территории Северо - Кулундинской опытной станции по изучению и освоению засоленных земель нами в содружестве с лабораторией удобрений этой станции было поставлено 5 полевых опытов.

Участок, на котором проводили опыты, расположен на верхней трети очень пологого склона гривы. Почва - чернозем южный легко-суглинистый. Высекали яровую пшеницу - "Саратовская 29".

В качестве микроудобрений использовали сернокислые соли меди и марганца, которые в опытах 1965 и 1966 гг. вносили в почву по фону  $N_{45} P_{45}$  под предпосевную культивацию из расчета 15 кг/га медного купороса и 25 кг/га сернокислого марганца. В качестве фонового удобрения применяли сульфат аммония и суперфосфат (гранулированный и порошковидный). Опыты включали варианты как с отдельным, так и совместным применением медного и марганцевого удобрений.

В мелкоделяночном опыте 1967 г. марганец был применен путем однократного опрыскивания посевов пшеницы в конце фазы кущения 0,1% раствором сернокислого марганца из расчета 700 л/га.

Размер учетной площади делянок был равен в 1965 г. - 50 м<sup>2</sup>, 1966 - 35 м<sup>2</sup> и 1967 г. - 16 м<sup>2</sup>. В опытах 1965 и 1966 гг. делянки размещались шахматным способом в 2 яруса, в опыте 1967 г. - последовательно в один ярус. Повторность опытов - 4-кратная, в 1967 г. - 6-кратная.

Содержание подвижной формы меди и марганца в почве (мг/кг) в момент закладки опытов составляло соответственно в 1965 г. - 2,3 и 47,3; в 1966 г. - 2,4 и 27,6.

Посев пшеницы производили тракторной сеелкой в период с 19 по 25 мая. Внесение удобрений, уход за посевами и уборку опытов осуществляли вручную.

Отклонения урожая зерна пшеницы в вариантах с микроудобрениями от урожая контрольного варианта в опытах 1965 и 1966 гг. оказались несущественными (табл. IО).

Опрыскивание посевов пшеницы раствором марганца также не оказало существенного влияния на величину урожая зерна (табл. II)

Таким образом, результаты 3-летних полевых опытов свидетельствуют об отсутствии положительного действия испытанных микроудобрений на урожай зерна яровой пшеницы на южном черноземе.

Необходимо заметить, что полевые опыты проводили в условиях, когда в почве ощущался резкий недостаток влаги. Поэтому при орошении южных черноземов не исключена возможность положительного действия испытанных микроудобрений.

Таблица (table) 10

Влияние меди и марганца на урожай зерна яровой  
пшеницы на южном черноземе  
Copper and manganese influence on spring wheat  
yield in southern chernozem

Вариант (Variant)	1965 г.			1966 г.		
	урожай, ц/га (yield, 100 kg/ha)	отклонение от фона (deviation from back- ground)		урожай, ц/га (yield, 100 kg/ha)	отклонение от фона (deviation from back- ground)	
		п/га (100 kg/ha)	%		п/га (100 kg/ha)	%
$Mn_2P_{45}$	12,8	-	100,0	10,2		100,0
$Mn_2P_{45} + 15$ кг/га(kg/ha) $CuSO_4$	12,1	-0,7	94,5	11,0	+0,8	107,8
$Mn_2P_{45} + 25$ кг/га(kg/ha) $MnSO_4$	12,9	+0,1	100,7	11,1	+0,9	108,8
$Mn_2P_{45} + 15$ кг/га(kg/ha) $CuSO_4 + 25$ кг/га(kg/ha) $MnSO_4$	12,1	-0,7	94,5	10,8	+0,6	105,8
Примечание (Foot-note): $НСР_{05} =$	1,9 ц/га(100 kg/ha)			1,9 ц/га (100 kg/ha)		

Влияние медного и марганцевого удобрений  
на урожай зерновых культур на торфяных почвах

Торфяные почвы широко распространены в пределах Барабинской низменности и в настоящее время становятся одним из главных источников пополнения пахотного фонда и объектом разрабатываемых мелиоративных работ. В связи с этим необходимо разработать систему применения минеральных удобрений на этих почвах, составной частью которых являются и микроудобрения.

Торфяные почвы Барабы характеризуются высоким потенциальным плодородием и при их осушении пригодны для возделывания большинства культур.

Таблица (table) 11

Влияние марганца на урожай зерна яровой пшеницы  
Manganese influence on grain yield of spring wheat

Вариант (Variant)	Урожай, ц/га (Yield, 100 kg/ha)	Отклонение от контроля (Deviation from control)	
		ц/га (100kg/ha)	%
Контроль (Control)	10,9	-	100,0
Марганец (Manganese)	9,0	1,9	82,5

П р и м е ч а н и е (Foot-note):  $\text{HCP}_{05} = 2 \text{ ц/га}$

Торфяникам Барабы свойственны низкая зольность и высокое содержание общего азота (табл.12). Количество валового фосфора колеблется в пределах 0,076-0,220%. Большая часть его входит в состав органических соединений (Гордеева, 1965), будучи трудно-доступной для растений. При окультуривании торфяников усвоение фосфора значительно возрастает, однако для нормального питания растений имеющегося количества недостаточно. Исследования, проведенные УОМС, показали эффективность фосфорных удобрений на торфяниках подо все культуры. Опытами с калийными удобрениями, поставленными на этой станции, установлено, что растения, возделываемые на вновь освоенных торфяных почвах, не нуждаются в калии.

Что касается применения медных удобрений, то утверждения об отсутствии их положительного действия были неубедительными и вызвали сомнение потому, что положительное действие меди проявляется главным образом на величине урожая зерна, а не соломы овса. В опытах же Я.Чугунова и В.Бельского учитывалась зеленая масса овса.

Вывод Е.А.Гордеевой (1965) о неэффективности медных удобрений на этих почвах и предположение М.М.Окунцова (1951), что отсутствие положительного действия меди на барабинских торфяниках связано с недостатком в них зольных элементов и азота, не были подтверждены фактическим материалом. Наоборот, как будет показано ниже, положительное действие макроудобрений иногда не проявляется на урожае зерновых культур без применения медных удобрений.

Таблица (table) 12

Химический состав торфяников, %  
Chemical composition of peatlands, %

Зольность (Ash content)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Автор (Writer)
8,9	3,14	0,076	Окунцов, 1951
10,0	до 3,00	0,220	Гордеева, 1965

Наблюдения за динамикой содержания подвижной формы микроэлементов в торфянике УОМС показали, что количество подвижной меди в них в течение всего вегетационного периода остается низким и, как правило, не превышает 2 мг/кг торфа.

При обследовании посевов на УОМС была выявлена значительная пустозерность овса, которая на отдельных участках достигала 90% и более. Учитывая это, а также низкую обеспеченность торфяных почв валовой и подвижной формами меди, мы предположили, что на этих почвах проявляется "болезнь обработки". Решение этого вопроса было проведено на территории УОМС, где ставили свои опыты Я.Я.Чугунов и В.И.Бельский.

Результаты полевых и вегетационных опытов, выполненных в 1965-1968 гг., подтвердили сделанное предположение и показали высокое положительное действие медного удобрения на урожай зерновых культур.

Кроме медных удобрений для проверки влияния марганца на урожай зерновых культур нами был включен в некоторые вегетационные и полевые опыты серноокислый марганец.

**Вегетационные опыты.** В опытах использовали торф УОМС. Для опыта с яровой пшеницей брали торф из слоя 0-30 см с участка (карта 6), на котором изучали динамику содержания подвижных микроэлементов. После уборки урожая сосуды с торфом были сохранены и на следующий год они послужили основой для нового опыта, где изучали последствие микроудобрений на урожай этой же культуры (табл. 12).

На контроле (табл. 13), несмотря на применение полного минерального удобрения, без меди урожай пшеницы был очень низким (0,8 г на сосуд). Внесение 2,5 мг меди на сосуд почти в 10 раз повышало урожай зерна, увеличение дозы до 5 мг на сосуд уже не вызывало существенного повышения урожая.

Таблица (table) 13

Влияние меди и марганца на урожай зерна яровой  
пшеницы (вегетационный опыт)  
Copper and manganese influence on grain yield of  
spring wheat (greenhouse experiment)

Вариант (Variant)	I-й год (First year)		2-й год (послед- действие) (Second year (afteraction)	
	урожай на со- суд (yield per pot)	отклонение от фона (deviati- on from backgro- und)	урожай на со- суд (yield per pot)	отклоне- ние от фона (deviati- on from backgro- und)
	г (g)			
НРК	0,8	-	0,3	-
НРК + 2,5 мг Cu	7,9	+7,1	3,8	+3,5
НРК + 5 мг Cu	8,3	+7,5	4,5	+4,2
НРК + 15 мг Mn	0,9	+0,1	1,1	+0,8
НРК + 30 мг Mn	1,4	+0,6	1,2	+0,9
НРК + 5 мг Cu + + 30 мг Mn	9,3	+8,5	3,5	+3,2

П р и м е ч а н и е (Foot-note): НРК<sub>05</sub>=0,8 г на сосуд (g per pot).

В вариантах с марганцем отмечено незначительное увеличение количества зерна лишь с дозой 30 мг на сосуд.

При совместном применении меди и марганца урожай был выше, чем на контроле и больше, чем в вариантах, где вносили одну медь.

Было установлено, что прибавки зерна по последствиям микроудобрений, особенно меди, весьма существенные. Однако абсолютные урожаи, полученные на контроле и в вариантах с медью, оказались значительно ниже, чем в первый год проведения опыта.

Урожаи зерна в вариантах с марганцем оставались примерно на одном уровне с урожаями этих вариантов первого года.

Резкое снижение урожая на контроле и в вариантах с медью нельзя объяснить недостатком основных элементов питания, так как во второй год проведения опыта в сосуды было внесено полное ми-



неральное удобрение в тех же дозах, что и в первый год.

Можно предположить, что снижение урожая связано с недостатком доступной растениям меди. Однако, как показали результаты определения микроэлементов в зерне (табл.14), опытные растения по последствию поглощали меди и марганца примерно столько, сколько и в первый год. Следовательно, снижение урожая зерна в опыте по последствию не связано с условиями медного питания растений.

Таблица (table) 14

Содержание меди и марганца в зерне пшеницы

(вегетационный опыт)

Copper and manganese content in wheat grain

(greenhouse experiment)

Вариант (Variant)	Cu		Mn	
	1-й год (first year)	2-й год (second year)	1-й год (first year)	2-й год (second year)
	мг/кг (ppm)			
НПК	4,1	3,9	49,7	47,8
НПК +2,5 мг Cu	8,7	10,5	39,7	29,6
НПК +5 мг Cu	9,8	10,2	46,6	33,3
НПК +15 мг Mn	5,1	4,7	53,7	44,0
НПК +30 мг Mn	7,5	4,2	59,3	52,2
НПК +5 мг Cu + +30 мг Mn	6,8	8,3	43,0	18,2

Таким образом, уменьшение количества зерна по последствию могло быть вызвано недостатком других элементов питания, которые не применяли в данном опыте.

Результаты анализа, приведенные в таблице 14 представляют известный интерес для оценки влияния медных и марганцевых удобрений на поступление меди и марганца в зерно пшеницы. Применение медного удобрения повышает поступление меди в зерно более чем в два раза. Некоторое увеличение меди в зерне наблюдается также под влиянием марганца. Напротив, под действием меди за-

Таблица (table) 15

Влияние меди и марганца на структуру урожая пшеницы (средние данные)  
 Copper and manganese influence on the structure of wheat yield (mean data)

Показатель (Indices)	НРК		НРК+2,5 мг (mg) Cu на сосуд (per pot)		НРК+5,0 мг (mg) Cu на сосуд (per pot)		НРК+15 мг (mg) Mn на сосуд (per pot)		НРК+30 мг (mg) Mn на сосуд (per pot)		НРК +5,0 мг (mg) Mn на сосуд (per pot)	
	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967
	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967
Вес соломы, г на сосуд (Straw weight, g per pot)	5,8	7,0	10,5	11,6	9,9	12,0	6,3	8,4	6,8	8,2	10,9	11,0
Длина растений, см (Length of plants, cm)	53,8	51,0	76,9	64,0	76,8	63,4	54,3	56,8	58,5	54,6	76,3	65,3
Длина колоса, см (Length of ear, cm)	4,8	5,5	6,5	7,2	6,4	7,4	4,8	6,2	5,6	6,2	6,8	7,1
Число развитых колосков в колосе (Number of deve- loped spikelet in ear)	2,5	1,3	11,8	12,1	11,5	12,1	3,0	4,0	3,6	13,7	12,2	12,2
Число недоразвитых колос- ков в колосе (Number of under-developed spikelet in ear)	10,8	12,6	3,5	3,8	3,4	3,2	10,8	11,3	11,3	11,2	3,1	4,0
Число зерен в колосе (Num- ber of grains in ear)	3,9	2,1	23,6	21,2	20,8	22,3	4,7	5,4	5,2	5,1	24,3	20,4

метно уменьшается поступление марганца в растения. Эта особенность меди, по-видимому, может быть полезной в тех случаях, когда в почве концентрация подвижного марганца достигает токсического уровня.

Кроме определения величины урожая зерна пшеницы, в вегетационном опыте, были изучены также другие показатели структуры урожая как по действию, так и последствию испытываемых микроэлементов (табл.15). Наиболее сильно влияние меди отразилось на развитии репродуктивных органов: в колосе число зерен увеличилось в 6-10 раз. Под влиянием меди значительно увеличилась длина растений и соответственно возрос урожай соломы. Примерно одинаковым было количество зерен в колосе в первый и второй годы проведения опыта. Снижение урожая зерна по последствию меди произошло не за счет уменьшения количества развитых зерен, а вследствие уменьшения их абсолютного веса.

Марганец оказал положительное влияние на все показатели структуры урожая пшеницы, но оно было менее значительным по сравнению с действием меди.

Помимо яровой пшеницы было поставлено два опыта с овсом.

Торф для набивки сосудов брали с осушенного массива. В одном опыте использовали торф с освоенного участка, который в течение 18-20 лет использовался под посев различных культур, в другом - с неосвоенного участка.

Содержание подвижной формы микроэлементов в 1 кг воздушно-сухого торфа составляло: на освоенном участке - 1,3 кг меди и 26,2 марганца, на неосвоенном соответственно 0,9 и 13 мг.

Учитывая низкое содержание подвижного марганца в торфе неосвоенного участка, в опыте с этим торфом были предусмотрены варианты с применением марганца как раздельно, так и совместно с медью. Микроэлементы испытывали на фоне NPK.

Медь оказала весьма существенное влияние на урожай овса, выращенного на обоих торфяниках (табл.16). Наибольшие урожаи зерна были получены на торфе неосвоенного участка, они в 1,3 - 1,6 раза превышали урожай на контроле. На торфе освоенного участка урожай зерна увеличился только на 40-47%. Меньшие прибавки зерна в данном опыте обусловлены, по-видимому, большим содержанием подвижной фракции меди в освоенном торфянике по сравнению с неосвоенным.

Увеличение дозы меди с 2,5 мг до 5 мг на сосуд существенно не влияло на урожай зерна в обоих опытах.

Таблица (table) 16

Влияние меди и марганца на урожай зерна овса  
(вегетационные опыты)

Copper and manganese influence on grain yield of  
oats (greenhouse experiment)

Вариант (Variant)	Торфяник неосвоенный (Undeveloped peatland)		Торфяник освоенный (Developed peatland)	
	урожай на сосуд (yield per pot)	отклонение от контроля (deviation from control)	урожай на сосуд (yield per pot)	отклонение от контроля (deviation from control)
	г (g)			
НРК	3,8	-	5,3	-
НРК + 2,5 мг Cu	8,9	+5,1	7,4	+2,1
НРК + 5 мг Cu	9,9	+6,1	7,8	+2,5
НРК + 15 мг Mn	5,0	+1,2	-	-
НРК + 30 мг Mn	1,0	-2,8	-	-
НРК + 5 мг Cu + + 30 мг Mn	8,9	+5,1	-	-
Примечание (Foot-note): НРК <sub>05</sub> =	1,6 г на сосуд (g per pot)		0,5 г на сосуд (g per pot)	

Совместное применение 5 мг меди и 30 мг марганца увеличило выход зерна, но это увеличение равно той прибавке урожая, которая была получена от применения 2,5 мг меди.

Внесение 15 мг марганца на сосуд не оказало существенного влияния на урожай, увеличение дозы до 30 мг отрицательно сказалось на росте и развитии овса - в результате произошло достоверное снижение урожая зерна.

Кроме зерна в опытах с овсом учитывали также другие показатели структуры урожая (табл.17).

Наибольшее действие меди проявилось при формировании зерна: снизилась пустозерность овса примерно в 6 раз на неосвоенном и в 2 раза на освоенном торфяниках.

Таблица (table) 17

Влияние меди и марганца на структуру урожая овса (средние данные)  
Copper and manganese influence on the structure of oats yield (mean data)

Показатель (Indices)	Торфяник неосвоенный (Peatland undeveloped)					Торфяник освоен- ный (Peatland de- veloped)					
	NPK	NPK+2,5 мг (mg)		NPK+5 мг (mg)		NPK+15 мг (mg)		NPK+30 мг (mg)		NPK 2,5 мг (mg)	NPK+5 мг (mg)
		Cu	Cu	Cu	Mn	Mn	Cu+30 (mg)	Cu			
Вес соломы, г на сосуд (Straw weight, g per pot)	8,6	9,0	10,2	9,3	10,9	10,2	8,0	8,6	8,3		
Число зерновок в метелке (Ca- rpusis number in panicle)%	29,5	33,9	36,2	26,2	21,8	34,7	27,8	32,0	34,6		
В т.ч. пустых (including hollow ones)	13,3	2,6	2,8	11,7	17,9	3,2	7,9	3,5	5,0		
Пустозерность (Blind cari- opes), %	45,1	7,6	7,7	44,6	82,1	9,2	28,4	10,9	14,4		

Действие меди на урожай соломы овса оказалось очень незначительным. Это позволяет объяснить причину отсутствия положительного влияния медного удобрения на урожай зеленой массы этой культуры в опытах, поставленных Я.Я.Чугуновым и В.И.Бельским на УОМС.

15 мг марганца на сосуд существенно не отразилось на структуре урожая овса, удвоение этой дозы отрицательно действовало на формирование зерна. В варианте опыта с дозой марганца в 30 мг на сосуд пустозерность увеличилась до 82%, тогда как на контроле она не превышала 45%.

Таким образом, результаты вегетационных опытов показали, что медь положительно действует на урожай зерна пшеницы и овса, главным образом за счет снижения пустозерности этих культур. Медь также существенно увеличивает урожай соломы пшеницы, но не оказывает заметного действия на урожай соломы овса.

Марганец не оказал практически влияния на величину урожая испытываемых культур в условиях вегетационного опыта. Высокая же доза этого микроэлемента (30 мг на сосуд) отрицательно повлияла на урожай зерна овса, увеличив его пустозерность.

**П о л е в ы е о п ы т ы.** Медное удобрение оказало большое положительное действие на урожай зерна овса в полевых условиях. Оптимальной дозой следует считать 25 кг/га медного купороса. В течение трех лет прибавки урожая овса от внесения этого количества медного удобрения (табл.18) составили 2 – 5 ц/га или 61,3–94,8% от урожая на контроле. В вариантах с дозой 50 кг/га наблюдается тенденция дальнейшего повышения урожая зерна, однако разница в урожаях между вариантами с этой дозой и 25 кг/га оказалась незначительной.

В мелкоделяночном опыте с овсом медный купорос испытывали на фоне НК (табл.19).

Очень высокое положительное действие медного удобрения проявилось на фоне НК. Действие полного минерального удобрения без медного купороса практически не оказало влияния на урожай зерна этой культуры (табл.19). Как в предыдущих опытах, так и в данном опыте оптимальной дозой медного купороса были 25кг/га. Повышенная доза (50 кг/га) не оказывала существенного влияния на дальнейшее повышение урожая.

Кроме зерна в данном опыте были учтены некоторые другие показатели структуры урожая овса (табл.20).

Таблица (table) 18

Влияние различных доз медного купороса на урожай зерна овса

Influence of different doses of blue vitriol on grain yield of oats

Вариант (Variant)	1966 г.				1967 г.				1968 г.			
	урожай, ц/га (yield, 100 kg/ha)	отклонение от контроля (de- viation from control)		урожай, ц/га (yield, 100 kg/ha)	отклонение от контроля (de- viation from control)		урожай, ц/га (yield, 100 kg/ha)	отклонение от контроля (de- viation from control)		урожай, ц/га (yield, 100 kg/ha)	отклонение от контроля (de- viation from control)	
		ц/га 100 kg/ha	%		ц/га 100 kg/ha	%		ц/га 100 kg/ha	%		ц/га 100 kg/ha	%
Контроль (Control)	3,1	-	100,0	6,8	-	100,0	3,9	-	100,0	-	-	100,0
12,5 кг/га (kg/ha) CuSO <sub>4</sub>	-	-	-	9,8	+2,2	132,4	5,9	+2,0	151,3	5,9	+2,0	151,3
25 кг/га (kg/ha) CuSO <sub>4</sub>	5,0	+1,9	161,3	12,0	+5,2	176,4	7,6	+3,7	194,9	7,6	+3,7	194,9
50 кг/га (kg/ha) CuSO <sub>4</sub>	6,7	+3,6	216,1	13,1	+6,3	192,6	8,2	+4,3	210,2	8,2	+4,3	210,2
25 кг/га (kg/ha) MnSO <sub>4</sub>	2,7	-0,4	87,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Примечание (Foot-note): НСР <sub>05</sub> =	1,8 ц/га (180 kg/ha)				2,1 ц/га (210 kg/ha)				2,1 ц/га (210 kg/ha)			

Таблица (table) 19

Действие различных доз медного купороса на фоне

NPK на урожай зерна овса

Effect of different doses of blue vitriol on grain  
yield of oats on the background of NPK

Вариант (Variant)	Урожай, ц/га (yield, 100 kg/ha)	Отклонение от контроля, ц/га (Deviation from control, 100 kg/ha)
Контроль (Control)	1,9	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - фон (background)	1,4	-0,5
Фон+12,5 кг/га (kg/ha) CuSO <sub>4</sub>	30,4	+28,5
Фон+25 кг/га (kg/ha) CuSO <sub>4</sub>	39,3	+37,4
Фон+50 кг/га (kg/ha) CuSO <sub>4</sub>	40,9	+39,0

Примечание (Foot-note): NCP<sub>05</sub>=5,7 ц/га (570 kg/ha)

Под влиянием полного минерального удобрения сильно повышается кустистость овса, тогда как под действием меди кустистость снижается и наименьшей величины достигает в варианте с дозой CuSO<sub>4</sub>, равной 50 кг/га. Самый высокий урожай соломы получен в варианте с полным минеральным удобрением. Внесение меди по фону NPK снижает выход соломы почти в 2 раза по сравнению с NPK и незначительно увеличивает его по сравнению с контролем.

Медное удобрение способствовало увеличению количества зерновок в метелке почти в 2 раза по сравнению с контролем и более чем в 1,5 раза по сравнению с фоном. Пустозерность овса на контроле и в варианте с NPK была очень высокой и составляла в среднем 90%. Применение меди способствовало снижению пустозерности до 6%.

На торфяниках в полевых опытах с пшеницей были получены также значительные прибавки зерна (32-125%) от применения медного удобрения. Однако, абсолютные урожаи этой культуры, в силу неблагоприятных водно-воздушных и температурных условий данных почв, были низкие.

Медное удобрение положительно влияет не только на величину урожая зерна, но и на продолжительность вегетации зерновых культур на торфяниках. В вегетационных и некоторых полевых опытах пшеница и овес созревали быстрее (на 10-14 дней) в вариантах с медью, чем на контроле.



Таблица (table) 20

Влияние  $\text{CuSO}_4$  на фоне НРК на структуру урожая овса (средние данные)  
 Blue vitriol influence on the structure of yield oats on the background of НРК (mean data)

Вариант (Variant)	Число кустов на 1 кв. м. (Bush number per $\text{m}^2$ )	Число стеблей на 1 кв. м. (Number of stalks per $\text{m}^2$ )		Число зерновок в метелке (Caryopsis number in panicle)		Высота растений (Height of plants), см (cm)	Урожай соломы, ц/га (Straw yield, 100 kg/ha)
		всего (Sum total)	в т.ч. с метелкой (including with panicle)	всего (Sum total)	в т.ч. пустых (including hollow), %		
Контроль (Control)	147	468	281	29	89	74	39,0
$\text{N}_2\text{O}_5\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ - фон (background)	147	731	298	34	91	92	87,5
фон+12,5 кг/га (kg/ha) $\text{CuSO}_4$	97	305	235	56	8	109	48,2
фон+25 кг/га (kg/ha) $\text{CuSO}_4$	120	320	269	55	6	III	44,0
фон+50 кг/га (kg/ha) $\text{CuSO}_4$	224	372	292	56	6	III	47,2

## ВЫВОДЫ

1. Уровень концентрации меди и марганца в почвах определяется количеством этих элементов в почвообразующих породах и корректируется направлением и интенсивностью почвообразовательного процесса.

2. Содержание меди в почвообразующих породах увеличивается с утяжелением их механического состава. Дисперсность почвообразующих пород не оказывает существенного влияния на концентрацию в них марганца.

3. Биогенное накопление марганца свойственно большинству изученных почв. Дерновый процесс способствует аккумуляции меди в гумусовом горизонте. При подзолообразовании и осолодении, а также в результате солонцового процесса происходит вынос меди из верхней части почвенного профиля и накопление ее в иллювиальном горизонте.

4. Распределение микроэлементов в почвенном профиле зависит главным образом от механического состава и гумусированности. Почвам региона свойственно накопление меди в частицах ила, марганец же концентрируется чаще всего в частицах пыли. Отмечена положительная связь между содержаниями гумуса и валовым количеством марганца. Концентрация меди коррелирует с содержанием гумуса только в черноземах и лугово-черноземных почвах.

5. По количеству подвижной формы меди и марганца изученные почвы могут быть отнесены в основном к группам средней и высокой обеспеченности. Исключение составляют торфяники, которым свойственна низкая обеспеченность подвижной формой меди.

6. Уровень накопления меди и марганца в растениях определяется прежде всего систематическим положением последних, а также обеспеченностью почв доступной формой микроэлементов.

7. Медь оказывает высокое положительное действие на урожай зерновых культур, возделываемых на торфяниках Барабы. Ее применение в сильной степени повышает эффективность макроудобрений. Оптимальная доза медного удобрения на этих почвах равна 25 кг медного купороса на гектар.

8. Медные и марганцевые удобрения на южном черноземе, а также марганцевые удобрения на торфяниках не оказывают влияния на величину урожая зерновых культур.

# **BIOGEOCHEMISTRY AND AGROCHEMISTRY OF COPPER AND MANGANESE IN THE BARABA DEPRESSION**

**V.K. B A K H N O V**

## **SUMMARY**

1. The level of concentration of copper and manganese in the Baraba soils is determined by the quantity of these elements in soil-forming rocks and corrected by the direction and intensity of soil-forming process.

2. Copper content in soil-forming rocks is increased with increasing heavy texture. The dispersity of soil-forming rocks has no essential influence on their manganese content.

3. Biogenic manganese accumulation is typical of most of the investigated soils. Sod-forming process promotes copper accumulation in humus horizon. Copper removal from the upper part of soil profile and its accumulation in illuvial horizon proceed as a result of podzol-formation and solothization as well as solonetz-forming process.

4. Depthwise distribution of trace elements depends mainly on the texture and humusness. Copper accumulation in clay is characteristic of soils in this region as for manganese it is most frequently concentrated in silt. The positive correlation occurs between humus and total manganese contents in the studied soils. Copper concentration correlates with humus content only in chernozemic and meadow chernozemic soils.

5. By quantity of available copper and manganese the studied soils can be in the main attributed to the soil group of mean and high supply with the exception of peatlands which are characteristic of low supply of available copper.

6. Level of copper and manganese accumulation is first of all determined by systematical position of latters as well as the trace elements supply of soils.

7. Copper has a hing positive effect on the yield of cereal crops cultivated in the Baraba peatlands. Its application increases the efficiency of macrofertilizers at a grea extent. Optimum dose of copper fertilizer in these soils is 25 kg of blue vitriol per hectare.

8. Copper and manganese fertilizers in southern chernozem as well as manganese ones in peatland do not influence on the yield of cereal crops.

## Л и т е р а т у р а

- ринишкина Е.В., Тран-Куанг Нгай. Динамика подвижных форм соединений марганца и меди в почвах разного типа леса. - "Микроэлементы и естественная радиоактивность почв". (Материалы 3-го межвузовского совещания). Изд-во Ростовского ун-та, 1962.
- Бахнов В.К., Трейман А.А. К биогеохимии меди и марганца в ландшафтах юга Западной Сибири. - В сб.: "Генетические особенности почв Обь-Иртышского междуречья и Горного Алтая". Новосибирск, "Наука", 1966.
- Бельский В.И. Научный отчет за 1934 год. Убинская опытно-мелиоративная станция.
- Бельский В.И. Научный отчет за 1936 год. Убинская опытно-мелиоративная станция.
- Берия Д.Т. Динамика микроэлементов в почвах Латвийской ССР. - В сб.: "Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине". Киев, 1963.
- Бергина К.В. Цинк, медь, кобальт в почвах Московской области. - В сб.: "Микроэлементы в некоторых почвах СССР". М., "Наука", 1964.
- Вильямс В.Р. Почвоведение, т. I. М., Сельхозгиз, 1949.
- Гордеева Е.А. Эффективность применения удобрений на осушенных болотных почвах Барабы. - В сб.: "Пути химизации и интенсификации сельского хозяйства Новосибирской области". Новосибирск, "Наука", 1965.
- Добрицкая Ю.И. Содержание молибдена и марганца в илистой фракции некоторых почв. - Агрохимия, 1967, № 3.
- Журавлева Е.Г. К вопросу о содержании микроэлементов в органическом веществе почв. - Почвоведение, 1965, № 12.
- Зырин Н.Г., Белицына Г.Л., Брысова Н.П. Содержание микроэлементов семейства железа в некоторых почвах СССР. - Вестник МГУ, серия У1, № 5. Изд-во МГУ, 1961.
- Иванов Д.Н. Распространение меди в почвах и роль медных удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. - Тр. Почвенного ин-та АН СССР, т. XXXIV. М.-Л., 1950.
- Ильин В.Б. Медь в почвах юга Западной Сибири. - Изв. Сиб. отд. АН СССР, серия биол. и мед. наук, 1967, № 15, вып. 3.
- Ильин В.Б. Влияние гумусированности и дисперсии механиче-

- ния части на содержание микроэлементов в почве. - Изв.Сиб. отд. АН СССР, серия биол.и мед.наук, 1969, № 5, вып.1.
- М а н и л о в Л.Я. Марганец в геохимическом ландшафте Южно-Уральской лесостепи. - Уч.зеп. Челябинского отд. геогр. отд. СССР, вып.2. Челябинск, 1957.
- М а н и л о в Л.Я. Биохимические факторы миграции марганца и фосфора. - В сб.: "Марганец как микроэлемент в связи с биохимией и свойствами таннидов". Челябинск, 1961.
- М а н и л о в Н.В. Биологическая аккумуляция марганца в почвах Вильжико-Камской лесостепи и его доступность сельского - лесного растениям. - Уч.зеп. Казанского гос.ун-та им. И.И.Ульянова-Ленина, т.II3, кн.7. Казань, 1953.
- М а н и л о в Д.П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- М а н и л о в С.М., Д р о з д о в а Т.В., Е м е л ь я н о в а М.Н. Распределение меди в торфах. - Геохимия, 1960, №6.
- М а н и р о в а Л.Г., Б е с с о н о в а А.С. Содержание меди и кобальта в бобовых культурах. Аннотации тр.конф. "Микроэлементы в сельском хозяйстве, биологии и медицине". Новосибирск, 1960.
- М а н и р о в а Л.Г. Биогеохимические провинции Новосибирской области. "Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине", т.1. (Тезисы докл. У Всесоюзного совещания). Улан-Удэ, 1966.
- М а н и л о в А.С. Содержание микроэлементов в почвах некоторых районов Западной Сибири. - Изв.Сиб.отд. АН СССР, № 9, 1962.
- Н и к о л а е в а Т.А. Сезонная динамика состава органического вещества в осушенных и окультуренных болотных почвах. - Почвоведение, 1958, № 12.
- Н о д р у н о в а Е.М., Р ы т и к о в а М.Н., Ш е м я к и н а А.Ф. К вопросу о сезонных изменениях содержания подвижного и обменного марганца в дерново-подзолистых почвах. - Докл. ТСХА, вып. XXXIV. М., 1958.
- О с у н ц о в М.М. Применение медных удобрений для сельскохозяйственного освоения торфяно-болотных почв Нарыма. - Тр. Томского гос.ун-та, т.II4. Томск, 1951.
- П о л и в е Я.В. Руководство по применению микроэлементов. М., 1963.
- Р о д и н Л.Е., Б а з и л е в и ч Н.И. Динамика органиче -

ского вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. М.-Л., "Наука", 1965.

С к у к о в с к и й Б.А. Содержание микроэлементов в кормах Новосибирской области. (Автореф.канд.дисс.). Томск, 1969.

С т о и л о в Г.П. Превращение форм соединений марганца при увлажнении и высыхании почв. - Агрохимия, 1967, № 3.

Т р е й м а н А.А. Медь и марганец в почвах, растениях и водах ландшафтов Салаира и Присалаирской равнины. (Автореф. канд.дисс.). Новосибирск, 1970.

Ч у г у н о в Я.Я. Научный отчет за 1935 год. Убинская опытно-мелиоративная станция.

Ч м е л е в М.П. Влияние на подвижность почвенного марганца времени, температуры и увлажнения. - "Микроэлементы и естественная радиоактивность" (тез.докл.), кн. I. Петрозаводск. 1965.

Ш а р о в а А.С. Содержание микроэлементов - меди, цинка, кобальта и марганца в некоторых почвах Латвийской ССР. - Почвоведение, 1957, № 3.

К о с е г а р т е н Е.К. Veränderungen des aktiven Mangans von Bodenproben in Abhängigkeit von Wassergehalt und Mikrobentätigkeit. - Landwirtschaftliche Forschung, 1957, B. 10, H. 4.

Т у р с к и R., Л и п и н с к а M. Dynamika kwasów huminowych w uprawnej glebie biellicowej wytworzonej z lessów glebokich. - Roczniki gleboznawcze, t.XV, DOD. Warszawa, 1965.

**МЕДИ И МАРГАНЕЦ В ПОЧВАХ,  
РАСТЕНИЯХ И ПОДАХ  
ЛАНДШАФТОВ САЛАИРА  
И ПРИСАЛАИРСКОЙ РАВНИНЫ**

Гидрометричная территория охватывает Правобережную часть Новосибирской области и включает три геоморфологических района — Илимский крик, Присалаирскую равнину (Присалаирье) и прилегающую к ней часть долины р.Оби.

Особенности устройства поверхности территории Правобережья — равнина на западе и низкотерье Салаира на востоке — обуславливают различия в климате, а следовательно, в растительности и почвенном покрове. Это, в свою очередь, отражается на процессах миграции и аккумуляции микроэлементов в ландшафтах.

На хорошо дренированной Присалаирской равнине в условиях достаточного, но неустойчивого атмосферного увлажнения развиваются зольные почвы лесостепи — черноземы (выщелоченные и продолженные) и серые лесные. В настоящее время они почти все распаханы.

На Салаире под пологом черневой (осиново-пихтовой) тайги в условиях достаточного и избыточного атмосферного увлажнения формируются дерново-глубокоподзоленные почвы.

Илунная часть долины р.Оби целиком находится в зоне лесостепи. В долине выделяются высокие древние террасы, сложенные щебнем, и пойма. На террасах под сосновыми лесами формируются дерново-слабоподзолистые почвы. Поймы р.Оби и ее притоков, а также днища логов и балок, дренирующих территорию, занимают луговые и болотные почвы.

Основным источником меди и марганца в ландшафте являются почвообразующие породы. На перемещение же этих микроэлементов большое влияние оказывают расчлененность и дренированность поверхности региона, растительность, а также щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия в почвах.

Вследствие хорошей дренированности территории в почвах преобладает окислительная обстановка, способствующая повышению подвижности меди и снижению - марганца. Подвижность этих элементов возрастает в условиях кислой реакции среды, характерной, главным образом, для дерново-подзолистых почв.

Расчлененность и дренированность Салаира и Присалаирской равнины способствуют миграции меди и марганца с природными водами за пределы региона. Наряду с этим происходит и гидрогенная аккумуляция их в почвах подчиненных ландшафтов. Вывосу меди и марганца из почв препятствует и интенсивное поглощение их растениями, что при определенных условиях приводит к накоплению этих элементов в почвах.

#### МЕДЬ И МАРГАНЕЦ В ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОДАХ И ПОЧВАХ САЛАИРА И ПРИСАЛАИРСКОЙ РАВНИНЫ

Уровень содержания микроэлементов в почвах зависит, прежде всего, от количества их в исходном минеральном субстрате - материнских породах.

Распределение содержания микроэлемента в профиле формирующейся почвы тесно связано с типом и конкретными условиями почвообразования, а также свойствами самого элемента.

Подзолообразование, как отмечает большинство исследователей (Иванов, 1950; Виноградов, 1957; Ковда, Якушевская, Тюрюканов, 1959; Веригина и Журавлева, 1962; Schlichting, 1965; Зырин, 1968 и др.), приводит к обеднению медью элювиальной части профиля и накоплению ее в иллювиальном горизонте. Дерновый процесс, напротив, способствует увеличению содержания меди в перегнойно-аккумулятивном горизонте почв.

Марганец в отличие от меди в той или иной степени накапливается в верхних горизонтах почти всех почв (Виноградов, 1957; Ковда, Якушевская, Тюрюканов, 1959 и др.).

В почвах гидроморфного ряда развития, наряду с биогенным накоплением микроэлементов, широко распространены процессы гидрогенной аккумуляции их (Ковда, Васильевская, 1958; Васильевская, 1959; Добровольский, Якушевская, 1960; Лукашев, Петухова, 1966 и др.).

Исследованиями многих авторов установлено, что валовое содержание микроэлементов в генетических горизонтах почв в значительной степени определяется их механическим составом и гу-



пропорциональность, и на подвижность микроэлементов большое влияние оказывает реакция среды почвенного раствора. Поэтому при изучении распределения меди и марганца в почвах Салаира и Присалаирской равнины было обращено внимание на эти основные факторы, влияющие на концентрирование и рассеяние микроэлементов в почвах.

#### Содержание меди и марганца в почвообразующих породах

Основной почвообразующей породой на территории Салаира и Присалаирской равнины является лессовидные суглинки, главным образом, средние и тяжелые, реже - легкие по механическому составу. Меньшую площадь занимают пески, слагающие древние террасы р. Обь и ее притоков рр. Ини и Берди, и еще меньшую - аллювиальные отложения речных пойм (различные по механическому составу, но чаще глинистые и суглинистые).

Таблица (table) 1

Содержание меди и марганца в почвообразующих  
породах Салаира и Присалаирской равнины  
Copper and manganese content in soil-forming rocks  
of the Salair and Prislair plain

Порода (Rock)	Cu			Mn		
	n	M $\pm$ m	V, %	n	M $\pm$ m	V, %
		мг/кг (ppm)			мг/кг (ppm)	
Лессовидная (Loess-like)	39	29,3 $\pm$ 1,0	20	34	588 $\pm$ 18	17
а) суглинок тяжелый и средний (heavy and medium loam)	32	30,6 $\pm$ 0,9	17	28	605 $\pm$ 14	12
б) суглинок легкий и супесь (lighth loam and loamy sand)	7	20,2 $\pm$ 0,9	12	6	471 $\pm$ 73	38
Аллювиальный песок (Allu- vial sand)	6	7,6 $\pm$ 0,7	21	6	418 $\pm$ 38	22
Аллювиальная глина и тя- желый суглинок (Alluvi- al clay and heavy loam)	5	52,2 $\pm$ 4,5	19	5	978 $\pm$ 218	50

Среднее количество меди в лессовидных породах Присалаирья и Салаира равно  $29,3 \pm 1$ , марганца -  $588 \pm 18$  мг/кг. По сравнению с аналогичными породами Советского Союза (Ковда, Якушевская, Трюканов, 1959) меди они содержат больше, а марганца - меньше. Тяжелые и средние лессовидные суглинки характеризуются более высоким содержанием меди и марганца, чем легкие суглинки и супеси (табл. I). Наименьшие количества этих элементов найдены в песках высоких речных террас, наибольшие - в почвообразующих породах подчиненных ландшафтов - аллювиальных глинах и тяжелых суглинках.

Степень варьирования концентраций меди и марганца колеблется в основном около 20%. Более значительные колебания в содержании марганца отмечены в легких суглинках и супесях, а также в аллювиальных глинах и тяжелых суглинках (см. табл. I).

#### Содержание и закономерности распределения меди и марганца в почвах

Дерново-подзолистые почвы представлены дерново-глубокоподзоленными почвами на Салаире и дерново-слабоподзолистыми на высоких террасах р. Оби и ее притоков.

Процесс подзолообразования в них протекает с различной интенсивностью. Более ярко выражен он в дерново-глубокоподзоленных почвах, для которых характерны хорошо выраженная дифференцированность профиля по механическому составу и растянутасть элювиального и иллювиального горизонтов.

В дерново-слабоподзолистых почвах высоких террас р. Оби процесс подзолообразования развит слабо, что связано с особенностями почвообразующих пород. Последние представляют собой тонко- и среднезернистые пески, реже - легкие супеси и отличаются высоким содержанием кварца и пониженным количеством полуторных окислов. Для рассматриваемых почв характерны нечеткое оформление и большая растянутасть элювиального и иллювиального горизонтов.

Дерново-подзолистые почвы рассматриваемой территории наследуют уровень содержания меди в материнских породах. Дерново-глубокоподзоленные почвы, формирующиеся на лессовидных суглинках, содержат меди значительно больше, чем дерново-слабоподзолистые почвы на песках.

В воздушно-сухой массе лесных подстилок меди обычно содержится столько же или меньше, чем в почве и породе. Однако, учитывая, что потери от прокаливания в подстилках составляют около 70%, можно считать, что медь аккумулируется здесь.

Горизонты  $A_1$  и  $A_2$  этих почв обычно обеднены медью по сравнению с почвообразующими породами; в иллювиальном же горизонте, как показывают величины "коэффициентов накопления", часто наблюдается увеличение содержания меди (табл.2,3). Статистическая обработка аналитических данных показала, что вынос меди из гор.А и аккумуляция ее в гор.В достоверны для дерново-глубокоподзоленных и недостоверны для дерново-слабоподзолистых почв (табл.4). Мы полагаем, что это явление можно рассматривать как результат более выраженного процесса подзолообразования в почвах Салаира, чем в почвах высоких речных террас.

Распределение валовой меди в профиле дерново-подзолистых почв связано в основном с содержанием частиц физической глины и ила (рис. I а,б). Однако, достоверная корреляционная связь ( $r = +0,915 \pm 0,08$ ) была установлена только между содержанием валовой меди и ила в этих почвах. Очевидно, медь наиболее интенсивно аккумулируется в илистой фракции дерново-подзолистых почв.

Наибольшие количества подвижной меди обнаружены в лесных подстилках рассматриваемых почв. Для дерново-слабоподзолистых (см.рис. I, б) почв характерно резкое обеднение подвижной медью нижней части профиля по сравнению с гор.  $A_0$  и  $A_1$ . В дерново-глубокоподзоленных (см.рис. I, а) почвах Салаира подвижная медь довольно равномерно распределена по профилю. Вероятно, некоторая часть ее в этих почвах поглощается илстыми частицами, т.к. между содержаниями подвижной меди и ила установлена достоверная связь средней силы ( $r = +0,553 \pm 0,250$ ). В дерново-слабоподзолистых почвах такой связи не обнаружено, возможно, из-за ничтожного количества ила в них.

Доля участия органического вещества в аккумуляции меди в дерново-подзолистых почвах, по-видимому, невелика. Об этом свидетельствует несовпадение кривых распределения содержаний меди и гумуса в этих почвах (см.рис. I а,б), а также отсутствие корреляционной связи между рассматриваемыми показателями.

Содержание подвижной меди в профиле дерново-подзолистых почв Салаира и высоких террас возрастает с усилением кислотно-

Таблица (table) 2

Медь и марганец в дерново-глубокоподзоленных почвах Салаирского края  
 Copper and manganese in soddy deeply-podzolized soil of the Salair mountain-ridge

Горизонт (Horizon)	Глубина, см (Depth, cm)	Гумус (Humus) %	pH вод- ной су- спензии (pH of water suspension)	Cu		Mn		Коэффициент накопления (Coefficient of accumula- tion)			
				валовая (total) мг/кг (ppm)	подви- жая (mobile) мг/кг (ppm)	валовая (total) мг/кг (ppm)	подви- жный (mobile) мг/кг (ppm)				
									% подвиж- ного от валового (movable of total, %)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Р а з р е з - 8Г. Тогучинский район, с. Которово											
A <sub>0</sub>	0-2	Не опр. (Undet.)	5,2	15,0	3,8	25	648	442,0	68	Не рассчиты- ваем (Not calculated)	
A <sub>I</sub>	2-12	5,83	5,0	26,2	3,6	14	1230	114,0	9	"	
A <sub>2</sub>	30-40	1,24	5,0	23,9	3,0	13	858	37,0	4	"	
B	65-75	0,75	5,0	34,7	3,0	9	803	41,0	5	"	
CB	190-200	0,29	6,2	36,8	2,5	7	881	37,5	4	"	
Р а з р е з - 430. Там же											
A <sub>0</sub>	0-2	65,6 <sup>x</sup> )	-	10,0	3,6	36	850	441,0	52	"	
A <sub>I</sub>	2-10	2,85	5,0	22,9	3,0	13	1096	102,0	10	0,8	
A <sub>2</sub>	35-45	2,06	5,0	16,7	3,0	18	851	39,0	5	0,6	
B	56-66	0,49	5,2	30,0	4,1	14	716	38,5	5	1,1	
BC	120-130	0,23	5,9	30,5	4,7	15	758	39,5	5	1,1	
C <sub>K</sub>	290-300	0,12	7,5	28,4	5,0	18	631	10,5	2	1,0	

Таблица 2 (окончание)  
Termination of table 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Разрез - 6Т. Маслянинский район, с. Новолукинское											
A <sub>1</sub>	0-10	6,41	5,0	12,3	2,5	20	1259	174,0	22	0,4	1,8
A <sub>2</sub>	35-45	1,32	4,6	13,3	1,5	11	1175	53,3	5	0,4	1,7
B	65-75	0,95	4,8	33,1	2,5	8	700	36,6	5	1,1	1,0
C <sub>к</sub>	200-210	0,37	6,2	29,8	2,9	10	708	55,9	8	1,0	1,0

x) Потеря от прокаливания (Loss on ignition).

xx) Коэффициент накопления =  $\frac{\text{содержание элемента в почве}}{\text{содержание элемента в породе}}$ ,

где содержание элемента в породе принято за 1 (Coefficient of accumulation =  $\frac{\text{element content in soil}}{\text{element content in rock}}$ , where element content in rock is assumed to be 1).

Таблица (table) 3

Медь и марганец в дерново-подзолистых почвах высоких террас р.Оби и ее притоков  
Copper and manganese in soddy podzolic soils of the Ob river  
and its tributaries

Горизонт (Horizon)	Глубина, см (Depth, cm)	Гумус (Humus), %	pH вод- ной су- спензии (pH of water suspension)	Cu		Mn		Cu	Mn	Коэффициент накопления (Coefficient of accumula- tion)	
				валовая (total)	подви- жая (movable)	% подви- ной от валовой (movable of total, %)	валовый (total)				% подви- ный от валовой (movable of total, %)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Разрез - I4T. Высокая терраса р.Оби. Болотинский район, с. Новобобово

A <sub>0</sub>	0-4	Не опр. (Undet.)	5,2	5,0	3,5	70	568	410,0	72	0,6	1,1
A <sub>1</sub>	4-12	2,25	5,3	7,0	0,7	10	1762	197,0	11	0,8	3,4
A <sub>2</sub>	32-42	0,15	5,5	6,0	0,4	7	519	28,0	5	0,7	1,0
B	59-69	0,15	5,4	9,7	0,9	9	513	20,0	4	1,1	1,0
C	200-210	0,08	6,4	8,8	0,9	10	507	17,0	3	1,0	1,0

Таблица 3 (окончание)  
Termination of table 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Разрез - 33Т. Высокая терраса р. Берди. Искитимский район, с. Речкуновка											
A <sub>0</sub>	0-2	77,2 <sup>x</sup>	5,8	4,7	3,0	64	385	275,0	70	0,5	0,7
A <sub>1</sub>	2-10	3,83	5,9	9,2	1,2	13	1135	238,0	21	0,9	2,2
A <sub>2</sub>	40-50	0,28	не опр. (undet.)	9,2	0,5	5	631	20,6	3	0,9	1,2
A <sub>2</sub> B	70-80	0,95	6,4	13,2	0,8	6	603	11,3	2	1,3	1,2
B	100-110	0,95	6,4	23,4	1,8	8	661	19,9	3	2,3	1,3
C	210-220	0,10	6,4	10,0	0,8	8	507	14,9	3	1,0	1,0
Разрез - 46Т. Высокая терраса р. Оби. Сузунский район, с. Шилуниха											
A <sub>0</sub>	0-4	68,0 <sup>x</sup>	не опр. (undet.)	11,3	4,3	39	760	476,0	63	0,5	1,2
A <sub>1</sub>	4-13	не опр. (undet.)	"	17,4	1,0	6	2042	98,3	5	0,8	3,3
A <sub>2</sub>	30-40	"	"	14,1	0,8	6	716	22,6	3	0,6	1,2
B	90-100	"	"	26,9	1,5	6	638	16,3	3	1,2	1,0
C	180-190	"	"	22,0	0,8	4	603	19,1	3	1,0	1,0

x) Потери от прокаливания (Loss on ignition).

Таблица (table) 4

Оценка достоверности разности содержаний меди и марганца в генетических горизонтах дерново-подзолистых почв и породах

Evaluation of trustworthiness of differences of copper and manganese content in genetic horizons of soddy podzolic soils and rocks

Почва (Soil)	Горизонт (Horizon)	n	Cu		Mn		t
			M мг/кг (ppm)	t <sup>x</sup> D	M мг/кг (ppm)	t <sub>D</sub>	
Дерново-глубоко- оподзоленная (Soddy deeply-podzolized)	A <sub>1</sub>	5	18,6	3,4	1211	5,1	2,4
	A <sub>2</sub>	5	16,3	4,0	921	2,7	2,4
	B	7	32,3	2,9	726	1,9	2,3
	C	3	28,2	-	685	-	-
Дерново-слабопод- золистая (Soddy weakly-podzolic)	A <sub>1</sub>	10	11,3	0,3	1080	3,0	2,1
	A <sub>2</sub>	12	9,9	0,8	512	0,4	2,1
	B	14	17,2	1,5	512	0,4	2,1
	C	9	12,3	-	472	-	-

x) Критерий достоверности разности средних арифметических (M) содержаний микроэлемента между горизонтами почв и породой (C). (Criterion of trustworthiness of differences of arithmetic means (M) of trace element content between soil horizons and rock (C).

сти среды. Установлена отрицательная корреляционная связь средней силы между количеством подвижной меди и величиной pH водной суспензии этих почв:  $r = -0,499 \pm 0,153$ .

Кислая и слабо-кислая реакция среды дерново-подзолистых почв обуславливает довольно высокую подвижность меди. В гор.А относительная подвижность (% подвижной от валовой) составляет в среднем 16%.

Марганец в изученных дерново-подзолистых почвах интенсивно аккумулируется в лесных подстилках. В отличие от меди, он достоверно накапливается и в гор.А этих почв, где содержание его по сравнению с породой возрастает иногда в 2-3 раза (см.табл.2,3,4).



Накопление марганца в почвах - есть результат биологической аккумуляции. Это подтверждают высокое содержание его в лесных подстилках и довольно тесная связь с количеством гумуса ( $r = +0,706 \pm 0,144$ ). Кривые распределения содержаний марганца и гумуса в профиле дерново-подзолистых почв почти параллельны (см. рис. I а, б).

Однако, как отмечают многие исследователи (Синягин, 1946; Маданов, 1953; Лукашова, Петухова, 1964), марганец, хотя и накапливается в почвах биогенным путем, гумусом закрепляется слабо, и большую часть его в почвах представляют окислы и силикаты. Обогащение же марганцем верхних, обычно хорошо аэрируемых горизонтов почв, происходит в результате высвобождения его из растительных остатков и последующего быстрого окисления и перехода в труднорастворимые формы.

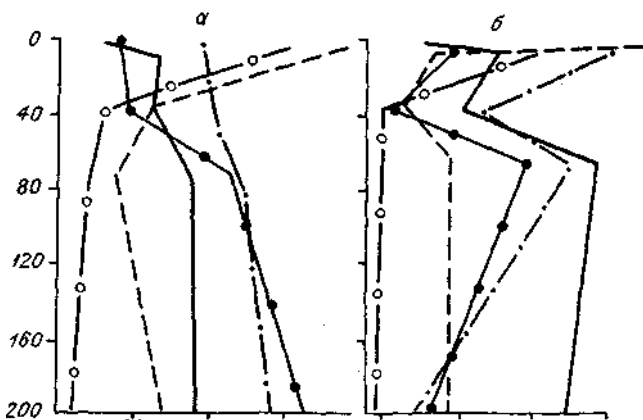
В изученных дерново-подзолистых почвах не обнаружено корреляции между валовым марганцем и тонкодисперсной фракцией почв. В гор. А дерново-слабоподзолистых почв даже при незначительном содержании физической глины и ила отмечается очень большое количество валового марганца (рис. I, б).

Максимум содержания подвижного марганца в дерново-подзолистых почвах приходится на горизонты  $A_0$  и  $A_1$ , так как постоянно освобождающийся здесь из растительных остатков марганец представляет собой еще неокисленные, легкоподвижные формы. С глубиной содержание его резко уменьшается.

Относительная подвижность марганца особенно велика в лесных подстилках (среднее - 64%); в гор. А она также значительна (среднее 13%), но в более глубоких горизонтах снижается до 1-3%. Довольно высокая подвижность марганца в этих почвах обусловлена кислой и слабокислой реакцией среды. Между содержанием подвижного марганца и величиной pH водной суспензии почв здесь установлена отрицательная корреляционная связь средней силы:  $r = -0,434 \pm 0,165$ .

Таким образом, в изученных дерново-подзолистых почвах медь выносится из гор.  $A_1$  и  $A_2$  и накапливается в гор. В. Более ярко этот процесс выражен в почвах Салаира. Биологическая аккумуляция меди в гор.  $A_1$  этих почв не покрывает ее выноса. Распределение валовой меди по генетическим горизонтам дерново-подзолистых почв тесно связано с содержанием ила в них. Подвижность меди здесь в значительной степени зависит от кислотности среды.

Глубина, см (Depth, cm)



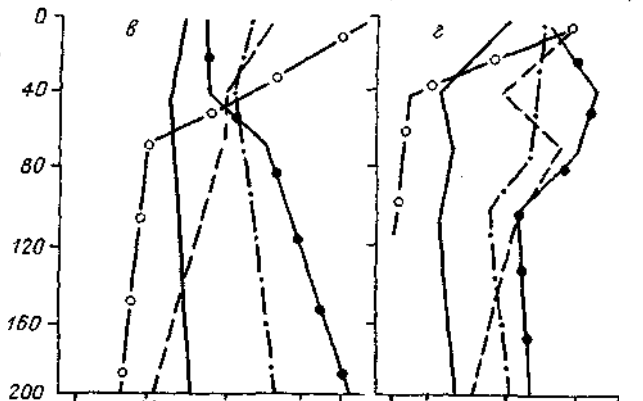
Сu, мг/кг (ppm)

Mn, мг/кг (ppm)

Гумус (humus), %

Частицы  $d \leq 0,01$  мм (particles  $d \leq 0,01$  mm), %

Частицы  $d \leq 0,001$  мм (particles  $d \leq 0,001$  mm), %



Сu, мг/кг (ppm)

Mn, мг/кг (ppm)

Гумус (humus), %

Частицы  $d \leq 0,01$  мм (particles  $d \leq 0,01$  mm), %

Частицы  $d \leq 0,001$  мм (particles  $d \leq 0,001$  mm), %

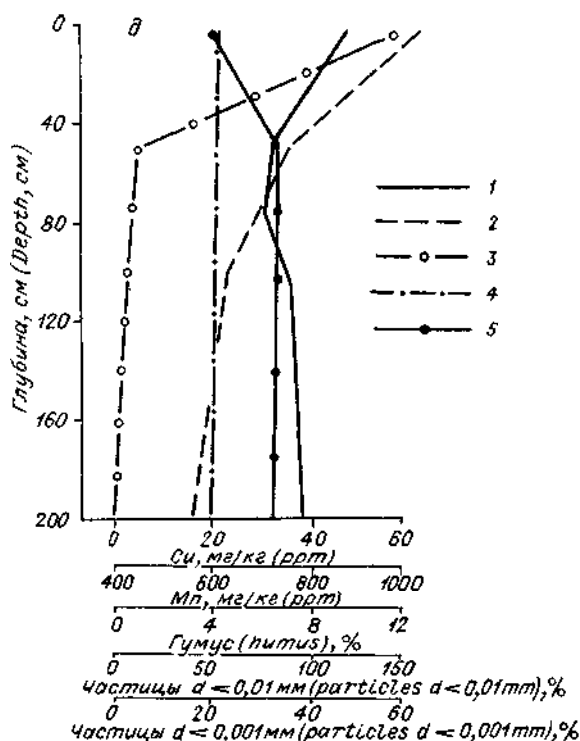


Рис. I. Распределение содержаний Cu, Mn, гумуса, частиц физической глины и ила в почвах:

а - дерново-глубокоподзоленной; б - дерново-слабоподзолистой; в - серой лесной; г - темно-серой лесной; д - черноземе выщелоченном; 1 - Cu валовая; 2 - Mn валовой; 3 - гумус; 4 - частицы  $d < 0,001$  мм; 5 - частицы  $d < 0,01$  мм

Fig. 1. Content distribution of Cu, Mn, humus, particles of physical clay and clay in soils:

а - soddy deeply-podzolic; б - soddy weakly podzolic; в - grey forest; г - dark grey forest; д - leached chernozem; 1 - total Cu-content; 2 - total Mn-content; 3 - humus; 4 - particles  $d < 0,001$  mm; 5 - particles  $d < 0,01$  mm.

Распределение марганца в этих же почвах определяется, с одной стороны, высокой биофильностью этого элемента, с другой — химическими свойствами его, в частности способностью к образованию труднорастворимых соединений в окислительной обстановке. В конечном итоге это приводит к аккумуляции микроэлемента в верхних горизонтах почв. Биогенное накопление марганца в дерново-подзолистых почвах подтверждает тесная корреляция между содержаниями валового марганца и гумуса. Распределение марганца в этих почвах не зависит от количества в них тонкодисперсной фракции. Содержание подвижного марганца в этих почвах определяется в значительной степени кислотностью почвенного раствора.

**Серые лесные почвы.** Распределение меди и марганца в профиле серых лесных почв определяется, прежде всего, генетическими особенностями последних, их промежуточным положением между дерново-подзолистыми и черноземными почвами. Усиление развития дернового процесса по сравнению с дерново-подзолистыми почвами приводит здесь к тому, что накопление многих элементов в той или иной степени компенсирует их вынос.

Медь в профиле серых лесных почв распределена более равномерно, чем в дерново-подзолистых (см. табл. 4, 5; рис. I, в). Математическая обработка аналитических данных показала, что разница в содержании меди между породой и любым из генетических горизонтов этих почв недостоверна. Лишь в темно-серых лесных почвах, где более ярко выражен дерновый процесс, отмечено достоверное увеличение содержания меди в гор. А<sub>1</sub> по сравнению с породой (табл. 6).

Наблюдаемое в серых лесных почвах Присалаирья увеличение количества физической глины и ила в гор. В не всегда сопровождается повышением концентрации меди (см. рис. I в, г). Корреляционная связь между этими показателями здесь менее тесная, чем в дерново-подзолистых почвах, и при  $R=0,95$  она недостоверна. Коэффициенты корреляции составляют:  $r = +0,413 \pm 0,242$  (медь и физическая глина) и  $r = +0,255 \pm 0,266$  (медь и ил).

Возможно, что в серых лесных почвах Присалаирья по сравнению с дерново-подзолистыми усиливается связь меди с гумусом, о чем свидетельствует очень тесная корреляция между содержаниями гумуса и подвижной меди:  $r = +0,907 \pm 0,275$ .

Миграцию меди в профиле серых лесных почв, вероятно, до некоторой степени ограничивает менее кислая реакция среды (см.

Таблица (table) 5

Медь и марганец в серых лесных почвах Присалаирской равнины  
Copper and manganese in grey forest soils of Prisalair plain

Горизонт (Horizon)	Глубина, см (Depth, cm)	Гумус (Humus) %	pH вод- ной су- спензии (pH of water suspension)	Cu			Mn			Коэффициент накопления (Coefficient of accumulation)	
				валовая (total) мг/кг (ppm)	подвижная (mobile) мг/кг (ppm)	% подвиж- ной от валовой (movable of total, %)	валовый (total) мг/кг (ppm)	подвижный (mobile) мг/кг (ppm)	% подвиж- ного от валового (movable of total, %)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Разрез - 13т. Серая лесная среднесуглинистая почва (Grey forest medium loamy soil). Болотинский район											
Апах	0-10	3,24	6,6	24,4	3,0	12	922	99,0	II	0,9	1,5
А <sub>2</sub> B	17-26	1,23	6,4	30,2	2,8	9	776	47,7	6	1,1	1,3
B <sub>I</sub>	30-40	0,74	6,1	28,7	2,5	9	603	Не опр. (Undet.)	-	1,0	1,0
B <sub>2</sub>	103-113	0,35	6,3	26,8	2,8	10	724	50,5	7	1,0	1,2
C	143-153	0,28	6,8	31,3	Не опр. (Undet.)	-	661	Не опр. (Undet.)	-	1,1	1,1

Таблица 5 (окончание)  
Termination of table 5

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Разрез - 29Т. Серая лесная супесчаная почва (Grey forest sandy loam soil). Сузунский район											
Апах	0-10	2,33	6,8	16,5	2,0	12	1148	74,2	6	0,9	1,7
А <sub>1</sub> А <sub>2</sub>	25-35	1,03	6,7	13,4	2,0	15	1023	43,2	4	0,8	1,5
В <sub>1</sub>	40-50	0,58	6,4	21,8	1,9	9	646	39,7	6	1,2	1,0
В <sub>2</sub>	90-100	0,76	6,6	23,3	1,9	8	603	31,0	5	1,3	0,9
Ск	115-125	Не опр. (Undet.)	7,9	19,3	Не опр. (Undet.)	-	550	Не опр. (Undet.)	-	1,1	0,8
"	165-175	0,55	7,9	23,9	"	-	634	"	-	1,3	1,0
"	200-210	0,21	8,2	17,8	"	-	675	"	-	1,0	1,0
Разрез - 16Т. Темно-серая среднесуглинистая почва (Dark grey medium loamy soil). Болотинский район											
Апах	0-10	6,65	5,9	31,2	5,2	17	1000	74,7	8	0,9	1,7
А <sub>1</sub> А <sub>2</sub>	30-40	2,63	5,8	29,3	4,0	14	785	32,2	4	0,9	1,4
В <sub>1</sub>	50-60	0,75	6,1	31,2	2,7	9	624	32,8	5	0,9	1,1
В <sub>2</sub>	105-115	0,54	6,8	35,1	5,0	14	603	37,1	6	1,0	1,0
С	190-200	0,31	8,0	34,1	Не опр. (Undet.)	-	575	Не опр. (Undet.)	-	1,0	1,0

Таблица (table) 6

Оценка достоверности разности содержаний меди и марганца в генетических горизонтах серых лесных почв и породах

Evaluation of trustworthiness of differences of copper and manganese content in genetic horizons of grey forest soil and rocks

Почва (Soil)	Гори- зонт (Hori- zon)	n	Cu		Mn		t
			M мг/кг (ppm)	t <sub>D</sub>	M мг/кг (ppm)	t <sub>D</sub>	
Серая лесная (Grey forest)	A <sub>пах</sub>	13	26,7	1,1	958	7,2	2,1
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	13	25,4	1,8	817	3,3	2,1
	B	27	30,4	0,6	666	1,5	2,0
	C	13	29,2		597		
Темносерая лесная (Dark grey forest)	A <sub>пах</sub>	5	36,9	2,5	980	11,0	2,4
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	5	28,0	0,1	780	2,5	2,4
	B	8	30,9	0,8	691	2,0	2,2
	C	4	28,3		617		

табл.5). Изменение величины pH водной суспензии в профиле этих почв (до карбонатного горизонта) почти не оказывает влияния на содержание подвижной меди. Обнаруженная довольно значительная относительная подвижность меди (среднее - 13% в гор.А), по-видимому, обусловлена окислительной обстановкой, преобладающей в этих почвах.

Марганец в этих почвах распределяется почти так же, как и в дерново-подзолистых (см.табл.5). Но, как показывают величины "коэффициентов накопления", аккумуляция его в гор.А серых лесных почв выражена слабее. Объясняется это тем, что почвы в настоящее время распаханы и не испытывают воздействия лесной растительности, интенсивно поглощающей марганец.

Содержание марганца не коррелирует с количеством тонкодисперсных фракций (рис.1 в,г). Вероятно, этот элемент концентрируется в других, более крупных по размеру, частицах. Не было установлено и корреляции между содержаниями валового марганца и гумуса в этих почвах.

Содержание подвижного марганца постепенно уменьшается вниз по профилю и не связано с величиной pH. Относительная же подвижность марганца в этих почвах в два раза ниже, чем в дерново-подзолистых. Мы объясняем это уменьшением кислотности почвенного раствора, а также более окислительной обстановкой в распаханных почвах лесостепи.

Итак, усиление дернового и ослабление подзолистого процессов в серых лесных почвах приводят к довольно равномерному распределению в них меди и уменьшению биогенной аккумуляции марганца. По сравнению с дерново-подзолистыми почвами здесь усиливается связь меди с гумусом и ослабляется — с тонкодисперсной фракцией. Содержание валового марганца в серых лесных почвах не зависит от гумусированности и количества физической глины и ила. Содержание подвижных форм меди и марганца в этих почвах не связано с величиной pH водной суспензии.

**Черноземы.** На рассматриваемой территории формируются черноземы выщелоченные и оподзоленные. По содержанию и распределению в них микроэлементов (меди и марганца) они существенно не различаются (табл.7).

Максимум содержания микроэлементов в черноземах Присаляирья приходится на гор.А. С глубиной количество меди и марганца постепенно уменьшается. Однако, в карбонатном или иллювиальном горизонтах иногда наблюдается некоторое увеличение их содержания.

Подвижные формы меди и марганца в профиле черноземов распределены аналогично валовым (см.табл.7). Относительная подвижность меди и марганца в гор.А черноземов составляет соответственно 12 и 7%.

Отмеченные закономерности в распределении меди и марганца по профилю черноземов Присаляирья тесно связаны с генезисом последних. Ярко выраженный дерновой процесс почвообразования в черноземах при существующем здесь непромывном водном режиме приводит к образованию довольно мощного перетнойно-аккумулятивного горизонта. Достоверное увеличение количества меди ( $t_D=5,2$   $n=16$ ) и марганца ( $t_P=9,9$ ;  $n=14$ ) в гор.А черноземов по сравнению с породой есть результат этого процесса. Второй максимум содержания микроэлементов (в гор.В или  $C_K$ ) выражен очень нечетко, что свидетельствует о незначительной миграции их с нисходящим током влаги.

Валовые количества меди и марганца в профиле черноземов



Таблица (table) 7

Медь и марганец в черноземах Присалаирской равнины  
Copper and manganese in chernozems of Prissalair plain

Горизонт (Horizon)	Глубина (Depth, cm)	Гумус (Humus), %	pH водной суспензии (pH of water suspension)	Cu		% подвижной от валовой (movable of total, %)	Mn		Cu	Mn	
				валовая (total)	подвижная (movable)		валовой (total)	подвижный (movable)			
											мг/кг (ppm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
									Коэффициент накопления (Coefficient of accumulation)		

Разрез - 39Г. Чернозем выщелоченный (Leached chernozem).

Черепановский район, ст. Посевная

А <sub>пах</sub> AB BA BC C <sub>к</sub> "	0-10	9,01	6,6	36,3	4,5	12	1047	58,3	6	1,3	2,3
	26-36	3,05	6,6	30,5	3,6	12	646	34,0	5	1,1	1,5
	40-50	1,22	6,9	23,6	2,3	10	614	25,7	4	0,9	1,4
	55-65	0,69	7,2	23,2	3,0	13	642	20,7	3	0,9	1,4
	70-80	0,50	7,8	26,3	He опр. (Undet.)	-	562	He опр. (Undet.)	-	1,0	1,3
"	190-200	0,22	7,8	26,9	"	-	442	"	-	1,0	1,0

Таблица 7 (окончание)  
Termination of table 7

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Разрез - 42Г. Чернозем выщелоченный (Leached chernozem).											
Сузунский район, с. Щербино											
Апах	0-10	7,91	6,6	45,0	4,5	10	977	39,0	4	1,4	1,5
АВ	25-35	2,94	7,0	33,1	4,4	13	776	33,0	4	1,0	1,2
ВА	42-52	1,00	7,0	28,8	3,0	10	871	24,2	3	0,9	1,3
В	66-76	0,58	7,0	35,5	3,9	11	750	27,0	4	1,1	1,2
С <sub>к</sub>	93-103	0,33	8,0	34,0	3,1	10	708	3,0	1	1,1	1,1
"	202-212	-	8,1	31,3	Не опр.	-	646	Не опр.	-	1,0	1,0
					(Undet.)			(Undet.)			
Разрез - 51Г. Чернозем оподзоленный (Podzolized chernozem).											
Мошковский район, с. Верхняя Балта											
Апах	0-10	7,03	6,4	43,6	3,0	7	1175	51,8	4	1,2	2,0
ВА	23-33	6,01	6,2	48,0	2,7	5	955	31,7	3	1,3	1,6
В1	40-50	1,62	6,2	32,0	2,5	8	741	23,6	3	0,9	1,3
В2	55-65	0,67	6,4	38,0	3,2	8	794	21,6	3	1,0	1,4
С <sub>к</sub>	90-100	0,33	6,8	40,7	3,2	8	832	23,9	3	1,1	1,5
"	180-200	Не опр.	8,1	36,3	Не опр.	-	562	Не опр.	-	1,0	1,0
		(Undet.)			(Undet.)			(Undet.)			

Присалаирья уменьшаются с глубиной более постепенно, чем содержание гумуса (см. рис. I, д). Но, несмотря на это, здесь существует тесная корреляционная связь между содержаниями валовой меди и гумуса ( $r = +0,67 \pm 0,143$ ) и валового марганца и гумуса ( $r = +0,81 \pm 0,112$ ). Эти величины можно рассматривать как косвенное подтверждение биогенного накопления меди и марганца в черноземах.

Содержание меди и марганца в профиле рассматриваемых почв не зависит от количества частиц физической глины и ила, о чем свидетельствует несовпадение кривых распределения содержаний этих микроэлементов и тонкодисперсных фракций в профиле черноземов (см. рис. I, д), а также отсутствие корреляционных связей между названными показателями.

Уменьшение содержания подвижных форм меди и марганца с глубиной сопровождается в черноземах некоторым повышением величины pH водной суспензии (см. табл. 7). Корреляции же между этими показателями не обнаружено. Очевидно, такое незначительное изменение величины pH (до карбонатного горизонта) не может оказать существенного влияния на подвижность меди и марганца в рассматриваемых почвах.

Близкая к нейтральной реакция среды черноземов, а также более окислительная обстановка в этих распаханых почвах (чем в дерново-подзолистых под лесами) приводят к резкому уменьшению подвижности марганца в них.

Таким образом, под влиянием дернового процесса в черноземах Присалаирья происходит аккумуляция и меди и марганца.

Луговые и болотные почвы, являясь составной частью подчиненных ландшафтов, обычно содержат повышенные количества меди и марганца (табл. 8), по сравнению с почвами автономного ряда развития (см. табл. 2, 3, 5, 7). Накопление микроэлементов может происходить за счет седиментации механических взвесей из паводковых вод, гидрогенной внутрипочвенной аккумуляции (вертикальной и горизонтальной) и биогенной аккумуляции. Поэтому в луговых и болотных почвах можно наблюдать и постепенное увеличение или уменьшение количества элемента с глубиной, и равномерное распределение его по профилю, и накопление в отдельных горизонтах.

Уровень содержания меди в луговых и болотных почвах определяется в основном их механическим составом. Так как приноси-

Таблица (table) 8

Медь и марганец в луговых и болотных почвах Присалянской равнины

Copper and manganese in meadow and moor soils of Prisalear plain

Горизонт (Horizon)	Глубина, см (Depth, cm)	Гумус (Humus), %	pH водной суспензии (pH of water suspension)	Cu		Mn		Cu			
				валовая (total)	подвижная (mobile)	валовый (total)	подвижный (mobile)	коэффициент накопления (coefficient of accumulation)			
				мг/кг (ppm)	% подвижной (mobile of total, %)	мг/кг (ppm)	% подвижного (mobile of total, %)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Р а з р е з - 21Г. Лугово-аллювиальная тяжело-суглинистая почва (Meadow alluvial heavy loam soil). р. Малая Изны, Тогучинский район											
A'	0-10	6,60	6,8	46,2	8,3	18	134	55,5	4	1,6	1,2
A''	35-45	8,02	7,0	43,6	5,7	13	1698	46,4	3	1,5	1,6
Bg	70-80	1,00	7,2	25,4	2,5	10	1047	25,0	2	0,9	1,0
Cg	150-160	0,69	7,5	29,4	3,5	12	1065	60,2	6	1,0	1,0
Р а з р е з - 58Г. Аллювиально-луговая тяжело-суглинистая почва (Alluvial meadow heavy loam soil). Пойма р. Оби											
A'	0-10	5,66	7,1	59,8	15,3	26	1047	238,0	23	1,0	1,6
A''	50-60	3,04	7,9	50,6	8,7	17	2188	35,6	16	0,8	3,3
AB	95-105	1,13	7,8	55,6	3,5	6	653	19,6	3	0,9	1,0
B	120-130	0,59	7,8	51,3	10,0	20	692	34,6	5	0,9	1,1
Cg	180-190	1,00	7,5	60,3	8,7	14	646	56,5	9	1,0	1,0

Таблица 8 (окончание)  
Termination of table 8

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Р а з р е з - IUT. Луговая тяжело-суглинистая почва (Meadow heavy loam soil). Днище луга, Тогучинский район											
A	0-10	12,60	Не опр.	55,2	7,0	I3	I318	247,0	I9	Не рассчитывали	
AB	20-30	6,25	(Undet.)	46,4	5,5	I2	1122	114,0	10	(Not calculated)	
B	70-80	1,23	"	31,5	3,5	II	1245	68,7	6	"	
Р а з р е з - IUT. Торфяник маломощный (Minor peatland). Пойма р. Иксы, Болотнинский район											
A <sub>T</sub>	0-10	-	6,9	22,5	4,0	I8	3890	222,0	6	0,7	6,1
B	70-80	Не опр. (Undet.)	6,2	40,3	3,5	9	692	111,0	I7	I,4	I,1
CG	90-100	"	6,2	35,0	3,0	9	609	64,1	II	I,2	0,9
CG	100-110	"	6,1	29,5	3,3	II	631	38,9	6	I,0	I,0

мый паводком кластический материал представлен главным образом тонкодисперсными частицами, обычно обогащенными медью, то и почвы подчиненных ландшафтов содержат много меди. Исключение составляют торфяные почвы, органогенные горизонты которых обеднены медью. Но эти почвы занимают в Присалаирье очень небольшую площадь.

Биологическая аккумуляция меди в луговых и болотных почвах выражена не так ярко, как, например, в черноземах. Положительная разница в содержании меди между гор.А и С рассматриваемых почв достоверна лишь при вероятности  $P=0,9$ . В перегнойном горизонте луговых и болотных почв часто меди было обнаружено столько же, сколько и в почвообразующих породах (см.табл.8, разрез 58Т). Корреляция между содержаниями гумуса и валовой меди в этих почвах отсутствует. По-видимому, роль биогенного фактора в накоплении здесь меди маскируется гидрогенной аккумуляцией элемента в почвах и породах.

Значительная концентрация подвижной меди, вероятно, связана с поглощением ее тонкодисперсными частицами, так как наибольшим количеством подвижной меди характеризуются почвы, тяжелые по механическому составу. Подвижность меди здесь мало зависит от реакции среды. Даже в условиях нейтральной и слабощелочной среды количество подвижной меди в луговых и болотных почвах составляет нередко 20-25% валовой (см.табл.8). Между содержанием подвижной меди и величиной pH водной суспензии этих почв установлена достоверная, но слабая обратная корреляционная связь:  $r = -0,328 \pm 0,164$ .

Содержание валового марганца в гор.А превышает количество его в почвообразующих породах. Но эта разница достоверна лишь при вероятности  $P=0,9$ , что, по-видимому, обусловлено гидрогенной аккумуляцией этого элемента в почвах и породах.

Для аккумуляции марганца в луговых и болотных почвах биогенный фактор, вероятно, имеет большее значение, чем для накопления меди. Об этом свидетельствует прямая корреляционная связь средней силы между содержанием валового марганца и гумуса:  $r = +0,543 \pm 0,198$ . Закреплению марганца в этих почвах способствует и часто наблюдаемая слабощелочная реакция среды, в условиях которой, как указывает А.П.Виноградов (1957), А.И.Перельман (1966), процессы окисления и, следовательно, перехода марганца в нерастворимые формы идут быстрее.

Содержание подвижного марганца в луговых и болотных почвах находится в довольно тесной обратной связи с величиной pH среды. Коэффициент корреляции между этими показателями составлен:  $r = -0,718 \pm 0,118$ .

Относительная подвижность марганца в этих почвах сильно колеблется. В карбонатных почвах содержание подвижного марганца составляет иногда менее 1%, а в кислых — до 50% валового количества элемента.

Таким образом, наряду с некоторым выносом микроэлементов из почв автоморфного ряда развития происходит и аккумуляция их в почвах депрессий. Последние, очевидно, можно рассматривать как своеобразный "ландшафтно-геохимический барьер" (в понимании Турюканова и Васильевской, 1962), удерживающий необходимые для жизни элементы в педосфере.

Проведенные исследования показали, что уровень содержания микроэлементов в почвах зависит от состава материнских пород, направления и интенсивности процесса почвообразования, а также свойств самих элементов. В результате изученные почвы различаются по количеству меди и марганца в перегнойно-аккумулятивном горизонте  $A_1$  ( $A_{\text{пах}}$ ) (табл.9).

Наибольшее количество валовой меди (около 38 мг/кг) свойственно черноземам, а также луговым и болотным почвам. В тяжелых по механическому составу луговых и болотных почвах содержание меди достигает свыше 50 мг/кг. Самое малое количество валовой меди ( $10,5 \pm 1,2$  мг/кг) обнаружено в дерново-слабо-подзолистых песчаных и супесчаных почвах древних террас Оби.

Наиболее высокой концентрацией марганца отличаются болотные ( $2029 \pm 478$  мг/кг) и луговые ( $1507 \pm 136$  мг/кг) почвы. Среди почв автономных ландшафтов наибольшее количество марганца ( $1211 \pm 83$  мг/кг) свойственно дерново-глубокоподзоленным почвам Салаира. В остальных же почвах содержание валового марганца колеблется в гор. $A_1$  ( $A_{\text{пах}}$ ) около 1000 мг/кг.

Судя по величине коэффициента вариации, валовое количество меди и марганца наиболее сильно варьирует в луговых и болотных почвах (см.табл.9). По-видимому, это связано с разнообразием механического состава этих почв и обусловлено различными щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий в них.

Выше было отмечено, что подвижность меди и марганца в поч-

Таблица (table) 9

Валовое содержание меди и марганца в гор.  $A_1$  ( $A_{\text{пах.}}$ )  
 почв Салаира и Присалаирья  
 Total content of copper and manganese in  $A_1$  ( $A_{\text{plow}}$ )-ho-  
 rizon in soils of Salair and Prisalairye

n	Cu			n	Mn		
	$M \pm m$	lim	V, %		$M \pm m$	lim	V, %
	мг/кг	(ppm)			мг/кг	(ppm)	
1	2	3	4	5	6	7	8
	Дерново-глубокоподзоленная средне- и тяжелосуглинистая почва (Soddy deeply-podzolized medium and heavy loam soils)						
6	$19,4 \pm 2,3$	$12,3-26,2$	29	5	$1211 \pm 83$	$990-1479$	15
	Дерново-слабоподзолистая супесчаная и песчаная почва (Soddy weakly podzolic loamy sand and sandy soils)						
9	$10,5 \pm 1,2$	$5,6-17,4$	36	10	$1073 \pm 137$	$410-2042$	40
	Серая лесная почва (Grey forest soils)						
18	$28,9 \pm 1,8$	$16,5-40,7$	26	16	$961 \pm 20$	$470-1148$	8
	а) серая лесная средне- и тяжелосуглинистая (grey forest medium and heavy loam soils)						
10	$29,2 \pm 2,0$	$23,2-37,2$	21	9	$960 \pm 17$	$891-1023$	5
	б) серая лесная легкосуглинистая и супесчаная (grey forest sandy loam and loamy sand soils)						
4	$17,7 \pm 1,9$	$16,5-23,7$	22	3	$886 \pm 211$	$470-1148$	41
	в) темно-серая лесная средне- и тяжелосуглинистая (dark grey forest medium and heavy loam soils)						
4	$35,9 \pm 2,6$	$31,2-40,7$	14	4	$966 \pm 23$	$900-1000$	5
	Чернозем выщелоченный и оподзоленный средне- и тяжелосуглинистый (Leached and podzolized medium and heavy loam chernozems)						
16	$37,7 \pm 1,5$	$27,0-47,0$	16	14	$1017 \pm 39$	$830-1380$	14
	Луговая почва (Meadow soils)						
16	$38,5 \pm 3,6$	$16,6-69,2$	37	16	$1507 \pm 136$	$1000-2951$	39



Таблица 9 (окончание)  
Termination of table 9

1	2	3	4	5	6	7	8
а) луговая и лугово-аллювиальная глинистая и тяжело-суглинистая (meadow and meadow alluvial clay and heavy loam soils)							
5	58,4 $\pm$ 9,1	38,5-69,2	40	5	1422 $\pm$ 211	1000-2160	33
б) луговая и лугово-аллювиальная суглинистая и супесчаная (meadow and meadow alluvial loamy and loamy sand soils)							
4	24,2 $\pm$ 0,5	23,3-25,1	4	4	1275 $\pm$ 120	1000-1585	19
в) луговая и лугово-аллювиальная карбонатная суглинистая и супесчаная (meadow and meadow alluvial calcareous loamy and loamy sand soils)							
7	32,7 $\pm$ 3,8	16,6-46,2	31	7	1795 $\pm$ 183	1047-2951	29
Болотная почва (Moor soils)							
9	37,4 $\pm$ 6,2	5,0-57,5	50	9	2029 $\pm$ 478	950-3890	65
а) болотная и болотно-аллювиальная глинистая и тяжело-суглинистая (moor and moor alluvial clay and clay loam soils)							
5	51,5 $\pm$ 2,8	41,6-57,5	12	5	1248 $\pm$ 117	960-1622	21
б) торфяник и торфянисто-болотная (peatlands and peat-boggy soils)							
4	16,3 $\pm$ 4,5	5,0-25,0	56	4	3011 $\pm$ 682	950-3890	45

вах региона неодинаковая. Потребности же растений в микроэлементах, как известно, удовлетворяются в первую очередь за счет наиболее мобильных соединений. Об обеспеченности почв подвижными формами меди и марганца можно судить по данным, представленным в табл. 10.

Наименьшее количество подвижной меди (1,4 $\pm$ 0,3 мг/кг) свойственно дерново-подзолистым песчаным и супесчаным почвам высоких террас р.Оби. Несколько больше (2,1 $\pm$ 0,1 мг/кг) содержание ее в серых лесных почвах легкого механического состава, занимающих притеррасную часть Присалаирской равнины. Наиболее высокие концентрации подвижной меди обнаружены в черноземах, а также в луговых и болотных почвах (особенно в глинистых и тяжелосуглинистых).

Таблица (table) 10

Содержание подвижных форм меди и марганца в гор. A<sub>I</sub>(A<sub>пах</sub>) почв Салаира и Присалаирской равниныContent of movable compounds of copper and manganese in A<sub>I</sub>(A<sub>plow</sub>)-horizon in soils of Salair and Prisa-lair plain

Cu				Mn			
n	M ± m	lim	V,	n	M ± m	lim	V,
	мг/кг	(ppm)	%		мг/кг	(ppm)	%
1	2	3	4	5	6	7	8
Дерново-глубокоподзоленая средне- и тяжелосуглини- стая почва (Soddy deeply-podzolized medium and heavy loam soils)							
6	3,1±0,2	2,5-3,7	16	6	133±18	82-199	33
Дерново-слабоподзолистая песчаная и супесчаная почва (Soddy weakly podzolic sandy and loamy sand soils)							
8	1,4±0,3	0,5-3,0	62	9	142±20	78-238	43
Серая лесная почва (Grey forest soils)							
20	3,6±0,3	2,0-5,2	31	18	84±8	44-158	41
а) серая лесная средне- и тяжелосуглинистая (grey forest medium and heavy loam soils)							
10	4,0±0,9	2,5-5,2	68	10	91±10	44-158	37
б) серая лесная легкосуглинистая и супесчаная (grey forest light loam and loamy sand soils)							
6	2,1±0,1	2,0-2,6	12	4	60±8	46-74	21
в) темно-серая средне- и тяжелосуглинистая (dark grey medium and heavy loam soils)							
4	3,9±0,5	3,0-5,2	26	4	88±24	56-161	56
Чернозем выщелоченный и оподзоленный средне- и тяжело- суглинистый (Leached and podzolized medium and heavy loam chernozems)							
18	4,2±0,2	2,9-6,0	22	16	85±8	39-139	39
Луговая почва (Meadow soils)							
16	6,3±1,1	2,6-15,3	67	15	112±24	34-265	83
а) луговая и лугово-аллювиальная глинистая и тяжело- суглинистая (meadow and meadow alluvial clay and heavy loam soils)							
5	11,2±1,6	7,4-15,3	33	5	237±12	190-265	12

Таблица 10 (окончание)  
Termination of table 10

1	2	3	4	5	6	7	8
б) луговая и лугово-аллювиальная суглинистая и супесчаная (meadow and meadow alluvial loamy and loamy sand)							
4	3,2±0,3	2,6-3,8	16	4	54±8	38-70	28
в) луговая и лугово-аллювиальная карбонатная суглинистая и супесчаная (meadow and meadow alluvial calcareous loamy and loamy sand soils)							
7	4,5±0,7	3,0-8,3	37	6	49±8	34-83	38
Болотная почва (Moor soils)							
8	7,7±1,7	2,4-14,6	61	9	362±143	22-1412	143
а) болотная и болотно-аллювиальная глинистая и тяжело-суглинистая (moor and moor alluvial clay and heavy loam soils)							
4	11,3±1,9	6,0-14,6	33	4	325±107	191-646	66
б) торфяник и торфянисто-болотная (peatlands and peat-boggy soils)							
2	6,0±2,0	4,0-8,0	47	2	1816±600	221-1412	103
в) торфянисто-болотная карбонатная (peat-boggy calcareous soils)							
2	2,5±0,2	2,4-2,7	88	2	27±4,5	22-31	23

Содержание подвижного марганца в гор. А<sub>1</sub> (А<sub>пах</sub>) всех исследованных почв довольно высокое. Оно больше в почвах гидроморфного ряда развития (луговых, болотных) по сравнению с автоморфными почвами. Сравнительно невелико (60±16 мг/кг) количество подвижной фракции этого элемента в серых лесных почвах легкого механического состава.

Содержание подвижных форм меди и марганца в изученных почвах (особенно в луговых и болотных) варьирует довольно в широких пределах (см. табл. 10). Это обусловлено различным валовым содержанием микроэлементов в почвах, разнообразием гранулометрического состава и щелочно-кислотных условий последних.

Для характеристики почв по обеспеченности их подвижными формами микроэлементов в настоящее время широко используются

градации, рекомендованные Я.В.Пейве (1963) для нечерноземной зоны.

В соответствии с ними среди изученных почв низкой обеспеченностью медью характеризуются дерново-слабоподзолистые почвы речных террас, средней — серые лесные легкосуглинистые и супесчаные и торфянисто-болотные карбонатные. Остальные почвы относятся к богатым и очень богатым подвижной медью.

По содержанию подвижного марганца почвы Салаира и Присалаирья следует отнести к группам с высокой и очень высокой обеспеченностью этим элементом. Средняя обеспеченность подвижным марганцем свойственна только торфянисто-болотным и луговым карбонатным почвам. Вместе с тем необходимо отметить, что сравнительно небольшие концентрации подвижного марганца (50 мг/кг) нередко встречаются в черноземах и серых лесных почвах, составляющих большую часть пахотных угодий в Присалаирье.

#### К вопросу о содержании меди и марганца в органическом веществе почв

Закрепление микроэлементов перегноем почв происходит вследствие поглощения их органическими коллоидами и образования комплексных и внутрикмоплексных соединений с гумусовыми веществами. Сведений в литературе о содержании микроэлементов в органической части почв сравнительно немного (Маданов, 1953; Schlichting, 1955; Шарова, 1957; Чжан Шэн, 1962; Руденская, 1962; Журавлева, 1965; Grimshe, 1967 и др.). Большинство авторов считает, что в почвах довольно значительная часть меди (иногда до 50% валовой и более) приходится на долю органического вещества, марганец же очень слабо связывается гумусом.

Для выяснения роли гумуса в аккумуляции меди и марганца в почвах Салаира и Присалаирья было проведено непосредственное определение микроэлементов в органическом веществе почв, после извлечения последнего раствором  $O, I$  и  $NaOH$  (без предварительного декальцинирования). Подготовка вытяжек к определению в них меди и марганца выполнена по прописи А.С.Шаровой (1957). Для исследования было взято по 2 образца из верхнего горизонта каждой из изученных почв: дерново-глубокоподзоленной, серой лесной и чернозема выщелоченного. В качестве контрольного образца использовали материнскую породу соответствующей почвы,

Таблица (table) 11

Содержание меди и марганца в органическом веществе почв (вытяжка 0,1 н NaOH)

Copper and manganese content in soil organic matter (0,1 n NaOH-extract)

Глубина, см (Depth, cm)	Гумус (Humus)	C	Cu валовая (total)	Mn валовый (total)	Вытяжка 0,1 н NaOH (0,1 n NaOH-extract)												
					C		Cu		Mn								
					% от веса почвы (% of total soil weight)	% от общего веса (% of total C-con- tent)	мг/г (mg/g)	мг/кг валовой вытяжки (mg/kg of ext- ract)	% от валовой вытяжки (% of total C-con- tent)	мг/г валовой вытяжки (mg/g ext- ract)	мг/кг валовой вытяжки (mg/kg of soil)	% от валовой вытяжки (% of total con- tent)					
					% сухой поч- вы (per dry soil)				6	7	8	9	10	11	12	13	
I	2	3	4	5													
Р а з р е з - 6т. Дерново-глубокоподзоленная почва (Soddy deeply-podzolized soil)																	
0-10	6,41	3,72	12,3	1259	1,84	49,7	0,20	3,4	29	1,3	24,5	2,0					
200-210	0,37	0,22	29,8	708	Не опр. (Undet.)	-	-	2,4	8	-	Следы (Trace)						
Р а з р е з - 430. Дерново-глубокоподзоленная почва (Soddy deeply-podzolized soil)																	
2-10	2,85	1,65	22,9	1096	0,82	49,6	0,60	4,8	21	3,0	24,5	2,0					
290-300	0,12	0,07	28,4	631	Не опр. (Undet.)	-	-	1,2	4	-	Следы (Trace)						

Таблица II (окончание)

Termination of table 11

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Р а з р е з - 7Т. Серая лесная почва (Grey forest soil)												
0-10	5,03	2,91	28,5	1023	1,09	37,9	0,66	7,2	25	0,7	7,7	0,8
210-220	0,67	0,37	32,7	708	Не опр. (Undet.)	-	-	0,6	2	-	Следы (Trace)	-
Р а з р е з - 13Т. Серая лесная почва (Grey forest soil)												
0-10	3,24	1,87	24,4	922	0,71	37,9	0,87	6,2	25	0,9	6,3	0,7
190-200	0,26	0,15	27,8	617	Не опр. (Undet.)	-	-	1,5	5	-	Следы (Trace)	-
Р а з р е з - 1Т. Чернозем выщелоченный (Leached chernozem)												
0-10	9,57	5,55	37,1	1096	1,78	32,1	0,57	9,9	27	0,5	10,0	0,9
200-210	Не опр. (Undet.)	-	28,2	603	-	-	-	1,6	6	-	Следы (Trace)	-
Р а з р е з - 42Т. Чернозем выщелоченный (Leached chernozem)												
0-10	7,91	4,57	45,0	977	1,22	26,9	0,64	7,8	17	0,2	2,5	0,7
202-212	0,00	-	31,6	646	-	-	-	2,1	7	-	Следы (Trace)	-

учитывая, что часть микроэлементов, как отмечают некоторые авторы (Журавлева, 1965), переходит в щелочную вытяжку из минерального субстрата почвы.

В щелочных вытяжках из гор.  $A_I$  ( $A_{\text{пах}}$ ) почв Салаира и Приолаирья обнаружено около 30-50% общего углерода и от 17 до 30% валового количества меди в почвах. Из образцов материнских пород  $O, I$  и щелочь извлекала от 2 до 8% валовой меди (табл. II).

Наибольшее количество меди (7,8-9,9 мг/кг), переходящей в щелочную вытяжку (в пересчете на кг почвы), было найдено в черноземах. Несколько меньше (6,2-7,2 мг/кг) в серых лесных почвах. В дерново-глубокоподзоленных почвах Салаира содержание меди, растворимой в  $O, I$  и щелочи примерно в 2 раза ниже, чем в черноземах и равно 3,6-4,8 мг/кг почвы. Объясняется это тем, что в органическом веществе черноземов возрастает доля гуминовых кислот, прочно связывающих медь.

Марганец, в отличие от меди, переходит в щелочную вытяжку из почв в очень незначительных количествах (не более 2% валового его содержания). При этом больше всего марганца было извлечено из дерново-подзолистых почв (см. табл. II).

Таким образом, в изученных почвах гумус играет довольно значительную роль в аккумуляции меди, но очень слабо закрепляет марганец. Роль гумуса в накоплении меди возрастает от дерново-подзолистых почв к серым лесным и черноземам. Это, по-видимому, связано с увеличением в органическом веществе почв данного генетического ряда доли гуминовых кислот, прочно связывающих медь.

#### Содержание меди и марганца в илистой фракции почв

Уровень содержания микроэлементов в почвах в значительной степени определяется количеством в них тонкодисперсных фракций. Это объясняется следующим. Во-первых, тонкодисперсные частицы обладают высокой адсорбционной способностью и могут поэтому поглощать многие микроэлементы. Во-вторых, они состоят, в основном, из глинных минералов, обычно обогащенных микроэлементами. В-третьих, тонкие фракции почв нередко содержат много гумуса, который способствует закреплению некоторых элементов, например, меди.

Медь, как отмечают многие исследователи (Connor, Shimp,

Tedrow, 1957; Зырин, Белицына, Брысова, 1961; Веригина, 1963; Дъери, 1962; Le Rich, Weir, 1963; Ильин, 1967; Трифонова, 1967), накапливается в илистой фракции подзолистых, серых лесных, черноземных и других почв.

Марганец, напротив, не всегда аккумулируется в илистых частицах. На это обстоятельство указывают П.В.Маданов (1953), Н.Г.Зырин, Г.Д.Белицына, Н.П.Брысова (1961), Д.Дъери (1962), Е.Шлихтинг (Schlichting, 1965), К.И.Лукашев (1964), Л.Ф.Трифопова (1967), В.Б.Ильин (1968, 1969). Накопление марганца в илистой фракции почв обнаруживали М.П.Орлова (1965), З.А.Синкевич и Г.П.Стрихова (1965), Ю.И.Добрицкая (1967).

В изученных нами дерново-подзолистых почвах между содержаниями меди и ила установлена очень тесная корреляционная связь. В серых лесных почвах и черноземах такой связи не обнаружено. Не было установлено корреляции и между содержаниями марганца и ила в этих почвах.

Для выяснения роли ила в аккумуляции меди и марганца в исследованных почвах было определено количество этих элементов в илистой фракции (табл.12). Отмучивание ила проведено по методике Н.И.Горбунова (1960).

Результаты исследований показывают, что медь накапливается в тонкодисперсной фракции всех почв. Наиболее ярко эта аккумуляция выражена в дерново-подзолистых почвах, где концентрация меди в иле в 2-3 и более раз превышает количество ее в почвенном субстрате в целом. В большинстве случаев от 40 до 60% валовой меди сосредоточено в илистой фракции изученных почв. В дерново-слабоподзолистой песчаной почве из-за ничтожного содержания ила доля участия последнего в аккумуляции здесь меди сравнительно невелика (см.табл.12, разрез 4Т).

Концентрация меди в илистой фракции почв постепенно уменьшается от дерново-подзолистых к серым лесным и черноземам. Возможно, что это связано с возрастанием роли гумуса в закреплении меди в этом же ряду почв, на что указывалось выше. Содержание меди в илистой фракции луговой почвы примерно вдвое превышает количество ее в субстрате в целом. В лугово- и болотно-аллювиальных почвах ил содержит меди столько же, как и почва. Однако, тяжелый механический состав этих почв дает основание считать, что большая часть меди здесь приходится на долю тонких фракций.



Таблица (table) 12

Содержание меди и марганца в илстой фракции почв  
Присалаирской равнины и Салаира

Copper and manganese content in clay fraction of  
soils of Frisalair plain and Salair mountain-ridge

Глубина, см (Depth, cm)	Количество частиц d 0,001мм, % от сухой почвы (Par- ticle con- tent < 0,001 mm, % of dry soil)	Cu в илстой фрак- ции (Cu-content in clay fraction)		Mn в илстой фрак- ции (Mn-content in clay fraction)	
		мг/кг (ppm)	% от валов- ой в поч- ве (% of total con- tent in soil)	мг/кг (ppm)	% от валов- ого в поч- ве (% of total con- tent in soil)
1	2	3	4	5	6
Р а з р е з - 8Т. Дерново-глубокоподзоленная почва (Soddy deeply-podzolized soil)					
2-12	15,0	81,0	47	490	6
30-40	14,6	74,1	45	685	12
65-75	27,6	91,2	73	309	11
190-200	38,1	95,5	95	309	13
Р а з р е з - 4Т. Дерново-слабоподзолистая почва (Soddy weakly-podzolic soil)					
5-10	4,3	94,4	33	1175	8
40-50	3,0	90,0	26	741	5
120-130	3,7	102,0	24	1175	11
200-210	3,6	105,0	48	901	8
Р а з р е з - 13Т. Серая лесная почва (Grey forest soil)					
0-10	15,3	88,1	54	340	6
17-26	19,3	70,0	44	489	12
30-40	25,1	75,8	66	447	19
103-113	20,4	83,2	63	436	12
143-153	23,1	87,1	64	479	17
190-200	20,5	71,4	51	572	19
Р а з р е з - 44Т. Темно-серая лесная почва (Dark grey forest soil)					
0-10	22,1	81,3	44	692	17
35-45	27,5	64,5	80	616	24

Таблица 12 (окончание)  
Termination of table 12

1	2	3	4	5	6
65-75	25,2	87,1	86	537	16
100-110	16,5	87,0	66	575	13
210-220	18,6	71,0	50	537	17
Р а з р е з - 42Т. Чернозем выщелоченный (Leached chernozem)					
0-10	17,2	60,3	28	467	8
25-35	24,9	61,7	47	549	18
42-52	26,7	57,5	54	646	20
66-76	24,7	61,7	43	575	19
93-103	23,8	56,2	40	500	17
202-212	20,3	57,5	36	516	16
Р а з р е з - 10Т. Чернозем выщелоченный (Leached chernozem)					
0-10	20,6	87,0	39	390	8
45-55	33,3	58,0	60	331	14
70-80	32,9	67,6	74	309	14
96-106	34,6	61,6	60	318	18
190-200	32,9	64,6	57	214	13
Р а з р е з - 11Т. Луговая почва (Meadow soil)					
0-10	20,4	97,7	35	412	6
20-30	26,0	82,2	46	380	9
60-80	25,0	71,6	57	363	7
Р а з р е з - 58Т. Аллювиально-луговая почва (Alluvial meadow soil)					
0-10	Не опр.	59,8	-	478	-
50-60	(Undet.)	50,6	-	603	-
95-105	"	55,6	-	646	-
120-130	"	51,3	-	631	-
Р а з р е з - 35Т. Болотно-аллювиальная почва (Moor alluvial soil)					
2-10	Не опр.	57,5	-	1413	-
30-40	(Undet.)	67,6	-	1023	-
90-100	"	51,3	-	575	-

Марганец не накапливается в илистой фракции исследованных почв. Только в дерново-слабоподзолистой песчаной почве содержание его в илистой фракции в 2-3 раза больше, чем в почвенном субстрате в целом (см. табл. 12). Это могло произойти за счет механического снятия марганцево-железистых пленок с почвенных частиц при растирании почвы в пастообразном состоянии для выделения ила.

Относительное содержание марганца илистой фракции в почвах колеблется от 5 до 29%, но в большинстве случаев не превышает 10-20% валового количества элемента.

Отсутствие накопления марганца в илистой фракции почв некоторые авторы объясняют выпадением гидроокиси марганца в виде пленок на крупных частицах почвы (Дьери, Зырин, 1965), образованием конкреций более крупных по размеру, чем илистые частицы (Ильин, 1968). Возможно, это явление обусловлено слабой адсорбцией марганца тонкодисперсными фракциями почвы, а также быстрой трансформацией его из обменного состояния в формы гидроокислов и окислов. На эти особенности поведения марганца в почвах указывали Е.А.Ярилова (1936) и П.В.Маданов (1953).

На основании проведенных исследований можно заключить, что содержание микроэлемента в илистой фракции почвы зависит от свойств самого элемента и особенностей почвообразования.

Медь интенсивно аккумулируется в илистой фракции всех изученных почв, марганец же не обнаруживает тенденции к накоплению в иле. Концентрация меди в илистых частицах постепенно уменьшается от дерново-подзолистых почв к серым лесным и черноземам. На долю илистой фракции в почвах Салаира и Присалаирья приходится больше меди, чем марганца (относительно их валовых количеств).

Уровень содержания меди и марганца в почвах зависит от концентрации их в материнских породах, направления и интенсивности почвообразовательного процесса, а также свойств самих элементов.

Наибольшие количества меди и марганца обнаружены в породах подчиненных ландшафтов - аллювиальных глинах и тяжелых суглинках. Основные почвообразующие породы региона - лессовидные суглинки - содержат этих элементов меньше, а самое малое количество меди и марганца найдено в песках, слагающих древние террасы р.Оби и ее притоков.

Подзолообразование способствует выносу меди из верхних горизонтов ( $A_1$  и  $A_2$ ) почв и накоплению ее в гор. В. Под влиянием дернового процесса происходит биологическая аккумуляция меди в гор.  $A_1$ , наиболее ярко выраженная в черноземах. Марганец накапливается в перегнойно-аккумулятивном горизонте всех почв, благодаря способности этого элемента образовывать в окислительных условиях труднорастворимые соединения. В гор. А луговых и болотных почв биологическая аккумуляция меди и марганца выражена несколько слабее, так как здесь она маскируется гидрогенной аккумуляцией элементов не только в почвах, но и в породах.

Изученные почвы различаются по содержанию меди и марганца в перегнойно-аккумулятивном горизонте. Наиболее высокие концентрации меди свойственны луговым и болотным почвам (особенно тяжелым по механическому составу) и черноземам; наименьшее, — дерново-подзолистым почвам высоких песчаных террас р. Оби. Наибольшим количеством марганца характеризуются болотные и луговые почвы, а также дерново-глубокоподзоленные почвы Салаира. Все другие почвы региона содержат примерно одинаковые количества марганца.

Для накопления меди в почвах большое значение имеет поглощение ее гумусом и илистой фракцией. Роль гумуса в аккумуляции меди возрастает от дерново-подзолистых почв к серым лесным и черноземам. Концентрация меди в илистой фракции почв этого же ряда постепенно уменьшается. Марганец не накапливается в илистой фракции изученных почв и слабо закрепляется гумусом.

#### ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЙ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ МЕДИ И МАРГАНЦА В ПОЧВАХ САЛАИРА И ПРИСАЛАИРЬЯ

Известно, что содержание подвижных форм микроэлементов в почвах изменяется в течение вегетационного периода. Большинство исследователей связывает количественные изменения подвижных форм меди и марганца в почвах с динамикой окислительно-восстановительных процессов, обусловленных режимом влажности, составом органического вещества, деятельностью микроорганизмов и другими факторами.

Исследования динамики содержания меди и марганца в почвах Салаира и Присалаирья были проведены с целью: а) выяснить, как велики колебания в содержании подвижных форм этих элементов в течение вегетационного периода; б) установить, в какой степени

они зависят от влажности, окислительно-восстановительных условий и биологической активности почв.

Объектами исследований служили почвы: дерново-глубокоподзоленная (Салаир), чернозем выщелоченный (Присалаирская равнина), серая лесная среднеподзоленная (притеррасная часть равнины), дерново-слабоподзолистая (высокая терраса р.Берди).

Метеорологические условия в течение 3-х лет наблюдений были различными. Наиболее засушливыми были весна и лето 1965 г. По данным ближайших к стационарам метеостанций (ст. Огурцово, Посевная, Коурак), среднемесячная температура воздуха с мая по июнь 1965г. была на 3-5° выше средней многолетней, а сумма осадков составляла около 65% от средней многолетней. Погодные условия вегетационного периода 1966г., судя по этим же показателям (температура воздуха, количество осадков) близки к средним многолетним. Мало осадков выпало также весной и в начале лета 1967г.

Исследования показали, что размах колебаний в содержании подвижных форм меди и марганца в течение вегетационного периода достигает максимальных величин в верхних горизонтах почв ( $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_{пах}$ ), где наиболее активно протекают биохимические процессы. Так, например, в 1967г. в гор. $A_0$  дерново-глубокоподзоленной почвы содержание подвижной меди изменялось от следов до 7,5, марганца - от 157 до 813 мг/кг. На глубине же 35-45 см (гор. $A_2$ ) колебания в содержании этих элементов составили соответственно 1,4-2,3 и 7-14 мг/кг.

Обеспеченность почв подвижными формами меди и марганца в течение трех вегетационных периодов изменялась в широких пределах (табл.13). Так, например, содержание подвижной меди в дерново-глубокоподзоленной и серой лесной почвах колебалось от низкого до высокого уровня<sup>х)</sup>, а количество подвижного марганца (почти во всех почвах) - от среднего до очень высокого. Вычисленные же средние арифметические концентрации этих элементов за вегетационный период (табл.14), позволяют считать, что подвижной медью богат чернозем, средне обеспечены - дерново - глубокоподзоленная и серая лесная почвы, слабо - дерново-слабоподзолистая почва. Последняя характеризуется очень высоким

---

х) Здесь и далее в соответствии с грациями Я.В.Пейве (1963).

Таблица (table) 13

Пределы колебаний содержаний подвижных форм меди и марганца в почвах в течение вегетационных периодов 1965-1967 гг.

Limits of variations of contents of movable copper and manganese in soils during vegetational seasons in 1965-1967

Почва (Soil)	Глубина, см (Depth, cm)	Cu	Mn
		мг/кг (ppm)	
Дерново-глубокоподзолен- ная (Soddy deeply-podzol- lized)	2-10	1,2-6,4	16-139
Дерново-слабоподзолистая (Soddy weakly podzolic)	2-10	0,7-1,8	42-244
Серая лесная (Grey forest)	0-20	1,2-3,7	16-73
Чернозем выщелоченный (Le- ached chernozem)	0-20	2,5-6,0	20-130

содержанием подвижного марганца; остальные почвы относятся в основном к средне обеспеченным марганцем.

Увеличение или уменьшение количества подвижной фракции элемента в верхней части профиля почвы сопровождается обычно соответствующими изменениями содержания его в более глубоких горизонтах. Судя по коэффициентам варьирования (табл. 14), концентрации подвижных форм меди и марганца во всех горизонтах изученных почв изменяются в значительной степени.

Количество подвижной меди в рассматриваемых почвах часто возрастает в летний период (рис. 2). Возможно, это происходит за счет высвобождения меди при разложении растительных остатков. Кроме того, жаркая сухая погода летом способствует усилению окислительной обстановки, в которой медь более подвижна. Во всех почвах уровень содержания в засушливом 1965 г. был выше, чем в 1966-1967 гг.

По данным многих исследователей (Ноздрунова, Ритикова, Шемакина, 1958; Берина, 1961; Цыпанова, 1967 и др.) концентрация подвижного марганца в почве возрастает при значительном увлажнении последней. Чаще это наблюдается весной и осенью вследствие возникновения восстановительной обстановки в почвах в эти периоды.

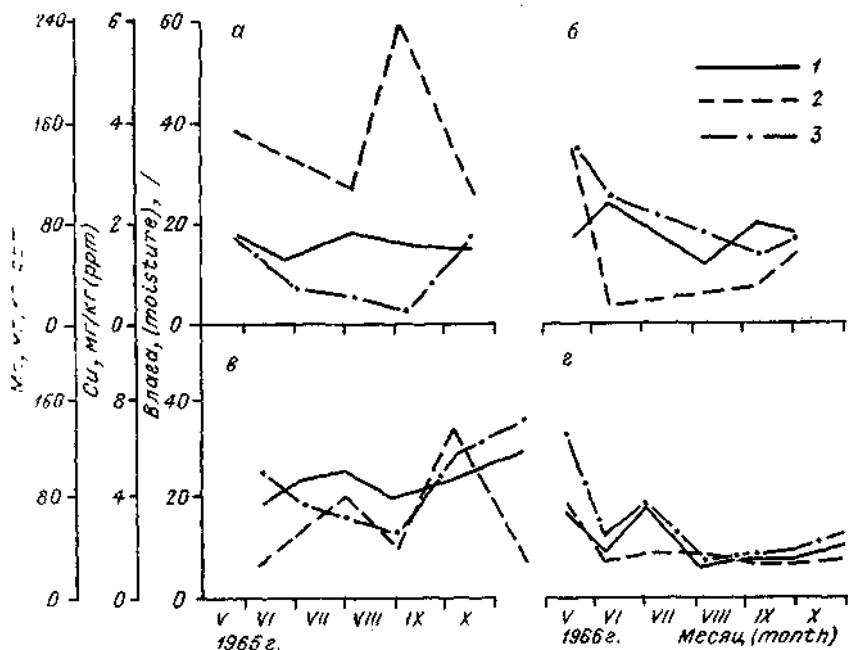


Рис.2. Динамика влажности (3) и содержаний подвижных форм Cu (1) и Mn (2) в почвах:

а - дерново-глубокоподзоленной (глубина 2-10 см); б - дерново-слабоподзолистой (глубина 2-10 см); в - черноземе выщелоченном (глубина 0-20 см); г - серой лесной (глубина 0-20 см)

Fig.2. Dynamics of moisture (3) and movable Cu (1) and Mn (2) in soils:

а - soddy deeply-podzolized (depth 2-10 cm); б - soddy-weakly podzolic soil (depth 2-10 cm); в - leached chernozem (depth 0-20 cm); г - grey forest soil (depth 0-20 cm).

Таблица (table) 14

Содержание и варьирование подвижных форм меди и марганца в почвах в течение вегетационного периода  
Content and variation of movable copper and manganese in soils during vegetational season

Глубина, см (Depth, cm)	1965 г.				1966 г.				1967 г.			
	Cu		Mn		Cu		Mn		Cu		Mn	
	М, мг/кг (ppm)	В, %	М, мг/кг (ppm)	В, %	М, мг/кг (ppm)	В, %	М, мг/кг (ppm)	В, %	М, мг/кг (ppm)	В, %	М, мг/кг (ppm)	В, %
Дерново-глубокоподзоленная почва (Soddy deeply-podzolized soil)												
0-2	3,7	30	513	18	3,6	3,9	484	13	4,1	58	468	45
2-10	3,5	74	64	81	3,0	23	53	95	2,2	40	45	42
35-45	2,3	74	19	66	1,9	9	8	26	2,0	16	10	39
56-66	3,6	69	13	42	3,0	17	4	50	Не изучали (Not studied)			
Дерново-слабоподзолистая почва (Soddy-weakly podzolic soil)												
0-2	3,0	46	271	18	2,0	16	225	35	3,7	40	189	36
2-10	1,6	14	152	39	0,9	22	113	16	0,9	29	94	35
20-40	0,6	60	51	57	0,4	25	19	32	0,4	55	20	42
80-100	1,6	37	12	63	0,6	28	12	39	Не изучали (Not studied)			
Серая лесная почва (Grey forest soil)												
0-20	2,1	19	43	24	2,2	45	39	40	2,0	37	37	33
25-40	2,6	17	24	26	2,0	37	22	18	1,7	94	19	36
80-100	2,6	51	13	45	1,8	24	13	42	Не изучали (Not studied)			
Чернозем выщелоченный (Leached chernozem)												
0-20	4,8	45	61	62	3,4	24	40,5	33	4,7	15	49	38
40-60	3,6	24	28	46	2,4	45	14,1	43	Не изучали (Not studied)			
60-80	3,7	32	31	42	2,3	32	14,0	27	-	-	-	-



По нашим наблюдениям, повышение влажности почвы далеко не всегда приводит к увеличению концентрации подвижного марганца. Последнее было отмечено лишь в дерново-глубокоподзоленной почве во время весеннего переувлажнения ее, а также в серой лесной (в мае 1966 г.) и черноземе (в сентябре 1965 г.). В некоторых почвах увеличение количества подвижного марганца происходит иногда и при низкой их влажности (см. рис. 2), что, возможно, связано с усилением процессов аэробного разложения растительных остатков в почве. Образующиеся при этом легкоокисляющиеся органические соединения (аминокислоты, сахара и др.), вероятно, и восстанавливают марганец до подвижных форм. На восстановление марганца под влиянием легкоокисляющихся органических веществ в почвах указывали А. П. Виноградов (1957), Е. Козегартен (Kozegarten, 1957), Я. В. Пейве (1960), Д. Ж. Бериня (1961).

Связь между влажностью почвы и количеством подвижной фракции элемента в одних случаях может быть прямой, в других — обратной (см. рис. 2). Для объективной оценки этих фактов мы применили математическую обработку результатов наблюдений. Было установлено, что теснота корреляционной связи между рассматриваемыми показателями неодинакова для почв, различающихся по генезису (табл. 15).

В дерново-подзолистых почвах корреляция между содержаниями влаги и подвижной меди очень слабая, в серой лесной почве и черноземе она становится более тесной.

Количество подвижного марганца, напротив, больше зависит от влажности в дерново-подзолистых почвах, чем в серой лесной и пыщепоченном черноземе, что можно объяснить следующим.

Известно, что подвижность марганца возрастает в восстановительных условиях. В литературе имеются сведения (Янков, 1961 и др.), что если в почве часто создаются условия анаэробнозиса, то при переувлажнении восстановительные процессы возникают в ней быстро. В почве же, не подвергающейся анаэробнозису в процессе ее формирования, восстановительные условия и связанные с ними превращения марганца, железа и других элементов протекают гораздо медленнее.

Изученные дерново-подзолистые почвы, формирующиеся под пологом лесной растительности, надо полагать, чаще и более длительное время находятся в состоянии повышенной увлажненности, чем черноземы и серые лесные почвы открытых пространств лесов.

Таблица (table) 15

Корреляция между содержанием подвижных форм микроэлементов и влажностью и величиной ОБП почв  
Correlation between content of movable trace elements and soil moisture and redox-potential (ROR)

Почва (Soil)	n	Cu и влажность (Cu and moisture)		Mn и влажность (Mn and moisture)		Cu и ОБП (Cu and ROP)		Mn и ОБП (Mn and ROP)		t	
		r ± m <sub>r</sub>	t <sub>r</sub>	r ± m <sub>r</sub>	t <sub>r</sub>	r ± m <sub>r</sub>	t <sub>r</sub>	r ± m <sub>r</sub>	t <sub>r</sub>		
Полевые исследования (Field investigation)											
Дерново-глубокоподзоленная (Soddy deeply podzolized)	42	+0,132±0,156	0,9	+0,710±0,112	6,3	Не изучали (Not studied)					2,0
Дерново-слабоподзолистая (Soddy weakly podzolic)	92	+0,240±0,120	2,0	+0,552±0,088	6,3	"					2,0
Серая лесная (Grey forest)	76	+0,495±0,100	4,9	+0,202±0,114	1,8	"					2,0
Чернозем выщелоченный (Leached chernozem)	54	+0,519±0,118	4,4	+0,375±0,128	2,9	"					2,0
Лабораторные исследования (Laboratory investigations)											
Серая лесная (Grey forest)	27	+0,455±0,175	2,6	+0,867±0,223	3,9	-0,450±0,179	2,4	-0,941±0,191	4,9	2,0	
Чернозем выщелоченный (Leached chernozem)	27	+0,795±0,121	6,6	+0,141±0,198	6,7	+0,390±0,184	2,1	+0,437±0,185	2,3	2,0	

стени. Возможно, поэтому и количество подвижного марганца в дерново-подзолистых почвах в значительной степени зависит от влажности этих почв.

Влияние влажности и окислительно-восстановительных условий в почвах на содержание подвижных форм меди и марганца было изучено в лабораторном опыте.

Для опыта были взяты почвы — серая лесная и чернозем выщелоченный с тех же участков, где проводили полевые наблюдения. Измельченную и просеянную почву помещали в стаканы, увлажняли до 30, 60 и 90% от ее полной влагоемкости и выдерживали в термостате при температуре 28°C в течение 35 суток. Влажность поддерживали на установленном уровне, поливая почву ежедневно по весу. Через 10, 20 и 35 дней определили содержание подвижных форм меди и марганца. Одновременно измеряли окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) почв с помощью лампового потенциометра ЛП-58 с применением платинового и каломельного электродов.

Полученные данные были обработаны методами корреляционного (см. табл. I5) и дисперсионного анализов (табл. I6).

Величины коэффициентов корреляции между содержанием подвижных форм меди и марганца и влажностью почв показывают, что результаты лабораторных исследований в основном согласуются с полевыми (см. табл. I5). Только в серой лесной почве между содержаниями подвижного марганца и влаги в полевых условиях была установлена слабая связь ( $r = +0,202 \pm 0,114$ ), тогда как в лабораторных — сильная ( $r = +0,867 \pm 0,223$ ). Это противоречие можно объяснить тем, что в естественных условиях не наблюдалось такого насыщения серой лесной почвы влагой (до 90% от полной влагоемкости), как это было в опыте. Возможно, при наличии подобных условий в природной обстановке, связь между содержаниями марганца и влаги здесь была бы более тесной.

На основании результатов дисперсионного анализа установлено (см. табл. I6), что содержание подвижных форм меди и марганца в изученных почвах может достоверно уменьшаться или увеличиваться даже через относительно небольшие промежутки времени (10–25 суток).

Изменение величины ОВП протекало по-разному. В черноземе эти колебания были в основном невелики, но достоверны. В серой лесной почве при увлажнении от 30 до 60% от полной влагоемкост-

Таблица (table) 16

Динамика содержания подвижных форм меди и марганца  
и величины ОБП в почвах при разной степени увлажнении  
Dynamic of content of movable copper and manganese and  
ROP-value in soils under different moistening

Влажность поч- вы от полной влагоемкости,% (Soil moisture of total moi- sture capacity %)	Сроки наблю- дений (в сут- ках) от нача- ла опыта (Pe- riods of ob- servations (days) from the begin- ning of ex- periment)	Cu		Mn		ОВП <sup>xx</sup> ), mv (ROP, mv)	
		мг/кг сухой почвы (mg/kg of dry soil)					
		М	НСР <sub>05</sub> <sup>x</sup>	М	НСР <sub>05</sub>	М	НСР <sub>05</sub>
Чернозем выщелоченный (Leached chernozem)							
30	10	5,6		78		+320	
	20	5,1	3,6	56	5	+230	24
	35	3,6		76		+280	
60	10	5,8		60		+340	
	20	5,8	1,2	61	15	+320	23
	35	5,9		63		+290	
90	10	7,2		71		+340	
	20	8,4	1,9	68	21	+310	24
	35	6,1		80		+340	
Серая лесная почва (Grey forest soil)							
30	10	4,1		48		+330	
	20	4,2	1,1	57	8	+340	71
	35	2,6		37		+350	
60	10	5,1		77		+370	
	20	4,6	2,2	60	27	+370	36
	35	2,5		33		+370	
90	10	6,1		288		+100	
	20	5,2	2,6	347	108	-110	19
	35	3,4		395		-120	

x) НСР<sub>05</sub> - наименьшая существенная разница содержаний микроэлементов и величины ОБП при P=0,95 (НСР<sub>05</sub> - the least essential difference of trace elements contents and ROP-value when P=0,95).

xx) Величины ОБП показаны по каломельному электроду (ROP-values according to calomel electrode readings).

ти величина ОБП существенно не изменялась. При увлажнении этой почвы до 90% от полной влагоемкости в конце опыта (по сравнению с началом) наблюдалось резкое падение ОБП более чем на 200 мв.

Значения коэффициентов корреляции (см. табл. 15) свидетельствуют о том, что количество подвижной меди меньше связано с динамикой окислительно-восстановительных условий почв, чем содержание подвижного марганца.

Изменение содержаний подвижных форм микроэлементов в почвах, вероятно, обусловлено в некоторой степени деятельностью микроорганизмов. Участие последних в превращении соединений марганца в почвах показано в исследованиях С.М. Бромфильда и В.Б. Скермана (Bromfield, Skerman, 1950), К.П. Гродзинской (1963, 1964), Т.А. Аристовской (1965) и некоторых других. Влияние же микрофлоры на соединения меди в почвах до настоящего времени не изучено.

Учитывая, что динамика содержаний подвижных форм меди и марганца в почвах может быть связана с деятельностью микроорганизмов, в 1967 г. в дерново-глубокоподзоленной почве Салаира мы провели наблюдения за биологической активностью. Последнюю определяли по численности микроорганизмов, развивающихся на обычных питательных средах<sup>х)</sup>.

Исследования показали, что в дерново-глубокоподзоленной почве между содержанием подвижной меди и численностью микроорганизмов существует обратная связь. Наиболее тесная отрицательная корреляция установлена между содержанием подвижной меди и количеством грибов ( $r = -0,975 \pm 0,109$ ) и бактерий ( $r = -0,834 \pm 0,275$ ). Возможно, что микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности способствуют образованию в почве органических веществ, связывающих медь. Кроме того, какую-то часть меди они закрепляют и в своих структурах. В конечном итоге рост численности микроорганизмов может привести к уменьшению содержания подвижной меди в почвах.

Увеличение содержания подвижного марганца в дерново-глубокоподзоленной почве сопровождается возрастанием числа микроорганизмов. Наиболее тесная прямая корреляционная связь, но досто-

---

х) Все микробиологические исследования проведены совместно со старшим научным сотрудником лаборатории микробиологии почв Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения АН СССР Н.Н. Наплековой.

верная лишь при  $R=0,9$ , установлена между содержанием подвижного марганца и общей численностью микроорганизмов ( $r=+0,741\pm 0,334$ ), а также количеством актиномицетов ( $r=+0,761\pm 0,324$ ). В связи с этим можно предположить, что среди изученных групп микроорганизмов — бактерий, грибов, актиномицетов — последние оказывают наибольшее влияние на подвижность марганца.

Содержание подвижных форм меди и марганца в почвах в течение вегетационного периода непостоянное. Следовательно, по однократному определению подвижной фракции элемента не всегда можно судить об уровне обеспеченности им почвы.

Концентрация подвижных соединений меди и марганца в почвах колеблется в зависимости от влажности, окислительно-восстановительных условий, численности и микрофлоры. Степень влияния этих факторов на подвижность микроэлементов неодинакова в почвах, различающихся по своему генезису.

Количество подвижной меди более тесно связано с влажностью в серой лесной почве и выщелоченном черноземе по сравнению с дерново-подзолистыми почвами. Содержание подвижного марганца, напротив, больше зависит от влажности в дерново-подзолистых почвах, чем в черноземе и серой лесной.

Концентрация подвижного марганца больше зависит от изменений окислительно-восстановительных условий в почвах, чем содержание подвижной меди.

Микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности способствуют как повышению, так и снижению подвижности микроэлементов в почве. На основании установленных корреляционных связей можно предполагать, что в дерново-глубокоподзоленной почве наибольшее влияние на подвижность марганца оказывают актиномицеты, а на подвижность меди — грибы и бактерии.

Выявленные особенности динамики подвижных форм меди и марганца в почвах необходимо учитывать при агрохимическом картировании и применении микроудобрений.

## МЕДЬ И МАРГАНЕЦ В РАСТЕНИЯХ И ВОДАХ САЛАЙРА И ПРИСАЛАЙРЬЯ

Перераспределение меди и марганца в почвенной толще происходит при активном участии растительности. Степень влияния последней на аккумуляцию микроэлементов в почве определяют тип расти-

тельности и условия, обеспечивающие подвижность микроэлементов в ландшафтах.

Лесной тип растительности на рассматриваемой территории представляют осиново- и березово-пихтовые леса на Салаире; сосновые боры на высоких террасах рр. Оби, Ини и Берди; березовые и осиновые леса на равнине, занимающие склоны балок и понижения на плакорах.

В Присалаирье важным элементом ландшафта в настоящее время являются пашни, занятые посевами зерновых, технических и других культур. Естественная травянистая растительность в виде остатков луговых степей и остепненных лугов сохранилась лишь на склонах долин, балок и окраинах лесных колков. В понижениях, днищах логов и поймах рек развиваются низинные, нередко заболоченные, луга.

Содержание микроэлементов было определено в доминирующих растениях лесов Салаира и высоких террас Оби, а также в основных видах естественной и культурной растительности лесостепи Присалаирья.

Резких различий в содержании меди, и марганца между представителями одних и тех же систематических групп растений березово-пихтовых и сосновых лесов не обнаружено. Поэтому, рассматривая содержание микроэлементов в лесных растениях региона, мы объединяем их по родам и видам.

Изученные хвойные породы деревьев накапливают меди в 1,5-2 раза меньше, чем лиственные (табл. I7). Количество ее в хвое сосны колеблется от 1,8 до 4,8 мг/кг. Некоторые же исследователи (Wehmann, 1963; Орлов, Орлова, 1966) отмечают, что при содержании меди в хвое сосны менее 4-4,5 мг/кг, снижается продуктивность сосновых лесов. Исходя из этого и учитывая низкий уровень содержания меди в дерново-подзолистых почвах высоких террас Оби, можно предположить, что потребности сосны в этом элементе здесь не всегда могут быть удовлетворены.

Марганец накапливают в большом количестве почти все изученные древесные, кустарниковые и кустарничковые растения. Особенно много его содержится в листьях березы бородавчатой, брусники и черники.

Способность представителей рр. *Betula* и *Vaccinium* концентрировать марганец отмечают многие исследователи (Мадамов, 1953; Лоухамаа, 1956; Леванидов, 1957; Мананов, 1961 и др.).

Таблица (table) 17

Содержание меди и марганца в древесных, кустарниковых  
и кустарничковых растениях<sup>x</sup>) Салаира и Присалаирья  
Copper and manganese content in arboreal, shrub and dwarf  
shrub plants<sup>x</sup>) of Salair and Prisaalairye

Растение (Plant)	Исследуемая часть расте- ния (Investi- gated part of the plant)	n	Cu		Mn	
			M	lim	M	lim
			мг/кг (ppm)			
1	2	3	4	5	6	7
Сосна обыкновен- ная (Pinus sil- vestris)	хвоя (needles)	6	3,3	1,8-4,8	288	138-516
	кора (bark)	3	2,8	1,1-3,8	182	140-225
	древесина (wood)	2	1,8	1,6-2,0	148	100-197
Пихта сибирская (Abies sibirica)	хвоя (needles)	7	4,4	3,1-8,5	545	325-642
	кора (bark)	3	4,3	1,1-7,2	211	119-304
	древесина (wood)	2	2,2	2,0-2,4	83	48-118
Береза бородав- чатая (Betula verrucosa)	листья (leaves)	4	6,1	4,5-8,8	900	425-1319
	кора (bark)	4	4,5	3,0-6,8	229	117-332
	древесина (wood)	2	2,5	1,0-4,0	137	105-168
Осина (Populus tremula)	листья (leaves)	3	7,5	6,7-8,3	271	184-247
	кора (bark)	3	4,7	4,0-7,5	110	68-175
	древесина (wood)	1	6,3	-	11	-
Рябина (Sorbus sibirica)	листья (leaves)	2	8,9	8,8-9,1	360	294-426
	кора (bark)	2	7,5	-	215	154-275
	древесина (wood)	1	6,0	-	72	
	плоды (fruits)	1	10,0	-	259	
Калина (Viburnum opulus)	листья (leaves)	2	5,4	3,8-6,9	89	66-112
	кора (bark)	2	10,9	10,0-11,8	40	32-48
	древесина (wood)	2	4,0	4,0-4,0	13	11-14
	плоды (fruits)	2	5,5	3,8-7,2	17	17
Черемуха (Padus)	листья (leaves)	1	5,6	-	491	-
	плоды (fruits)	1	13,8	-	39	
Смородина крас- ная (Ribes his- pidulum)	листья (leaves)	2	3,9	2,4-5,0	118	84,7-151
	кора (bark)	2	8,8	5,5-12,0	315	181-450
	древесина (wood)	1	2,4	-	21	
	плоды (fruits)	1	6,8	-	20	



Таблица 17 (окончание)

Termination of table 17

1	2	3	4	5	6	7
Малина ( <i>Rubus idaeus</i> )	листья (leaves)	2	7,5	6,9-8,1	308	224-392
	плоды (fruits)	1	9,2	-	121	-
Брусника ( <i>Vaccinium vitis idaea</i> )	листья (leaves)	2	5,0	3,8-6,2	1464	1419-1509
	плоды (fruits)	2	6,2	4,7-7,8	315	190-440
Черника ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	листья (leaves)	2	6,7	5,4-7,9	1380	1363-1400
	плоды (fruits)	2	6,7	5,6-7,7	346	304-387

х) Пробы растений были взяты в конце августа 1964-1966 гг.  
(Plants were sampled at the close of august in 1964-1966).

Интенсивное поглощение марганца древесными растениями объясняется, вероятно, их видовыми особенностями, исторически сложившимися в условиях достаточного увлажнения, в которых марганец более подвижен и потому легко доступен растениям.

Для древесных и кустарничковых растений характерно уменьшение содержания меди и марганца в следующем порядке: листья(хвоя) > кора > древесина. Но иногда наибольшее количество микроэлементов обнаруживается в коре, например, у смородины, малины, калины.

Из работ М.Я.Школьника и С.А.Абдурашитова (1958), М.Г.Абута-либова (1961), Д.А.Алиева (1965) известно, что медь и марганец способствуют превращению и передвижению углеводов в растениях. Возможно, что наблюдаемый максимум содержания этих микроэлементов в коре некоторых кустарников связан с передвижением и накоплением сахаров и других ассимилятов в лубяной части коры в осенний период.

Среди травянистых лесных растений наименьшим содержанием меди характеризуются злаки (2,2-3,8 мг/кг). Бобовые обычно накапливают меди в несколько раз больше злаков. Значительные количества меди обнаружены и в других представителях лесного разнотравья: володушке золотистой, борщевике, лабазнике вязолистном (табл.18).

Травянистые лесные растения содержат довольно много марганца (табл.18), что объясняется высокой подвижностью его в дерново - подзолистых почвах лесов.

Таблица (table) 18

Содержание меди и марганца в лесных травянистых растениях<sup>x</sup>

Copper and manganese content in forest herbaceous plants

Растение (Plant)	фаза развития (Stages of development)	n	Cu		Mn	
			M	lim	M	lim
			мг/кг (ppm)			
1	2	3	4	5	6	7
Злаковые (Grass family)						
Тимофеевка луговая (Phleum pratense)	плодоношение (fruit bearing)	I	2,2	-	74	-
Ежа сборная (Equisetum glomerata)	"	2	3,8	3,7-3,8	97	71-124
Вейник лесной (Calamagrostis alpinus)	"	I	2,3	-	150	-
Среднее взвешенное (Weighted mean)		4	3,0	2,2-3,8	105	71-150
Бобовые (Legumes)						
Чина весенняя (Lathyrus vernus)	плодоношение (fruit bearing)	I	4,8	-	61	-
Клевер ползучий (Trifolium repens)	цветение (blooming)	I	6,4	-	138	-
Горошек мышиный (Vicia cracca)	"	2	11,2	10-12,5	102	80-124
Среднее взвешенное (Weighted mean)		4	8,4	4,8-12,5	101	80-138

Таблица 18 (окончание)  
Termination of table 18

1	2	3	4	5	6	7
	Разнотравье (Moly grass)					
Володушка золотистая (Vulpium aureum)	плодоношение (fruit bearing)	1	9,7	-	141	-
Борщевик	"	2	6,0	5,5-6,5	78	75-80
"- листья (Heraclium dissectum)	"	1	12,5	-	259	-
Сныть (Aegorodion podagraria)	вегетация (vegetation)	2	6,3	6,3-6,3	122	120-124
Борец высокий (Aconitum excelsum)	цветение (blooming)	1	3,1	-	96	-
Папоротник орляк (Pteridium aquilinum)	вегетация (vegetation)	4	5,1	3,8-7,5	90	56-128
Хвощ лесной (Equisetum silvaticum)	"	2	4,7	2,5-6,9	89	83-96
Лабазник вязолистный (Filipendula ulmaria)	цветение (blooming)	2	7,0	6,3-7,7	305	227-382
Среднее взвешенное (Weighed mean)		15	6,2	2,5-12,5	137	56-382

х) Анализировалась надземная часть растений (Over-ground part of plants was analysed).

Содержание микроэлементов в растениях может значительно изменяться в течение вегетационного периода. В литературе имеются сведения, что в зеленых частях древесных растений оно обычно возрастает от весны к осени (Маданов, 1953; Леванидов, 1957; Мамлюга, 1963). В изученных нами растениях количество марганца также возрастало от весны к осени. Напротив, максимум содержания меди в них приурочен к началу лета (рис. 3). Эти различия в динамике содержаний меди и марганца в одних и тех же растениях, вероятно, связаны с неодинаковыми функциями данных элементов при участии их в физиологических процессах.

Установленные нами различия в содержании меди между представителями семейств лесных растений свойственны и растительности лесостепного Присалярья.

Среди дикорастущих трав лесостепи наименьшее количество меди обнаружено в злаках, наибольшее — в бобовых, промежуточное положение занимают представители лугово-степного разнотравья (табл. 19).

Из изученных культурных растений довольно высоким содержанием меди характеризуются сахарная свекла, кукуруза, бобовые, лен (семена). Меньше всего содержат меди зерновые культуры (табл. 20).

Концентрация марганца в растениях, произрастающих на черноземах и серых лесных почвах Присалярья, в 2-3 раза меньше, чем в лесных растениях на дерново-подзолистых почвах (см. табл. 18, 19, 20).

Б.А.Скуковским (1969) также было замечено, что лугово-степное сено в Новосибирской области содержит марганца гораздо меньше, чем лугово-лесное и сено низинных лугов и болот.

Среди культурных растений наиболее высоким содержанием марганца характеризуются гречиха (в фазе цветения) и сахарная свекла. Значительно меньше марганца поглощают злаки — пшеница, овес, ячмень. Среднее содержание марганца в зерне злаков — 42,4 мг/кг. Примерно в два раза ниже этой величины количество марганца в зерне бобовых, но стебли и листья их обычно богаче этим элементом, чем солома злаков.

Полученные данные о поглощении меди и марганца различными сельскохозяйственными культурами, а также представителями дикорастущих трав подтверждают выводы, сделанные К.К.Бамбергом (1956), М.В.Каталимовым (1965), Л.П.Шетиной (1967) и др. при изучении ими растений Европейской части Союза.

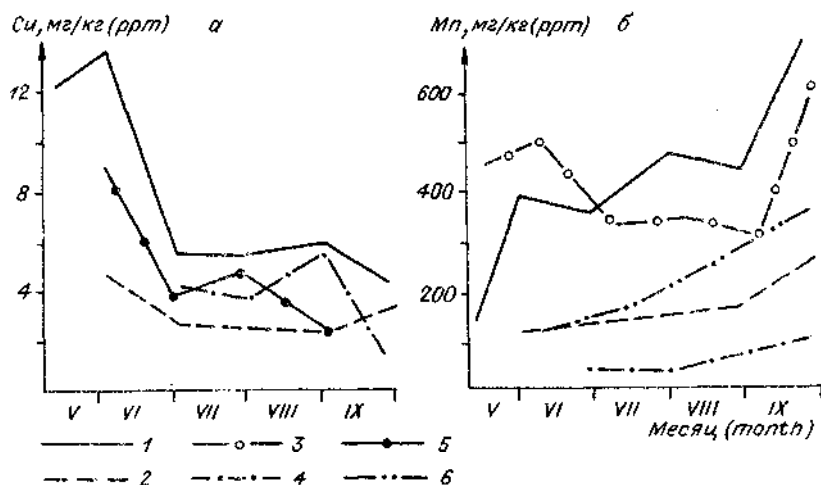


Рис.3. Динамика содержаний Cu(а) и Mn (б)

в лесных растениях в течение вегетации:

1 - листья березы; 2 - хвоя сосны (побеги I года); 3 - хвоя лихты (побеги I года); 4 - папоротник (надземная часть); 5 - чина весенняя (надземная часть); 6 - высокотравье (надземная часть).

Fig.3. Dynamics of Cu-(a) and Mn-content (б)

in forest plant during vegetational season:

1 - birch leaves; 2 - pine needles (shoot of curreub year); 3 - fir needles (shoot of curreub year); 4 - fern (over-ground part); 5 - bitter peavine (over-ground part); 6 - tallgrass (over-ground part).

Таблица (table) 19

Содержание меди и марганца в дикорастущих растениях автономных ландшафтов в  
Присадаирской неостепи

Copper and manganese content in wild plants of autonomous landscapes in Prisa-  
lair forest-steppe

Растение (Plant)	Фаза вегетации (Stage of develop- ment)	n	Cu		Mn	
			M	lim	M	lim
			мг/кг (ppm)			
1	2	3	4	5	6	7
Злаковые (Grass family)						
Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratense</i> )	плодоношение (fruit bearing)	2	2,3	2,0-2,5	33	32-33
Ежа сборная ( <i>Dactylis glomerata</i> )	"	2	1,7	1,5-1,8	75	66-84
Пырей ползучий ( <i>Agropyrum repens</i> )	"	1	3,9	-	28	-
Овсяг ( <i>Avena fatua</i> )	"	3	2,8	1,5-3,8	36	29-493
Коопер безостый ( <i>Elymus inermis</i> )	"	1	3,1	-	41	-
Среднее взвешенное (Weighted mean)		9	2,6	1,7-3,9	44	28-84
Бобовые (Legumes)						
Клевер луговой ( <i>Trifolium pratense</i> )	цветение (blooming)	2	14,8	5,1-24,4	36	27-44
Лядерна желтая ( <i>Medicago falcata</i> )	"	5	9,9	9,3-14,7	22	10-39
Горошек мышиный ( <i>Vicia cracca</i> )	"	2	13,5	7,5-19,4	57	56-59
Среднее взвешенное (Weighted mean)		9	13,3	5,1-24,4	33	10-58,8

Таблица 19 (окончание)  
Termination of table 19

1	2	3	4	5	6	7
Разнообразие (Motley grass)						
Осоот розовый ( <i>Cirsium setosum</i> )	цветение (blooming)	4	8,0	4,6-10,9	50	19-65
Хвощ полевой ( <i>Equisetum arvense</i> )	вегетация (vegetation)	2	4,0	3,4-4,5	60	59-61
Душица ( <i>Origanum vulgare</i> )	цветение (blooming)	I	7,5	-	40	-
Ширинца ( <i>Amarantus</i> sp.)	плодоношение (fruit bearing)	I	3,8	-	39	-
Сурепка (семена) ( <i>Barbarea</i> sp.)	"	I	5,0	-	42	-
Среднее взвешенное (weighed mean)		9	5,7	-	49	-

Таблица (table) 20

Содержание меди и марганца в культурных растениях Присалянской равнины

Copper and manganese content in cultivated plants of Priselair plain

Культура (Cultura)	Исследуемая часть растений (Investigated part of the plant)	n	Cu		Mn	
			м	lim	м	lim
			мг/кг (ppm)			
1	2	3	4	5	6	7
Зерновые (Cereals)						
Пшеница (Wheat)	Зерно (Grain)	9	5,1	3,8-6,5	39	28-46
	Солома (Straw)	6	2,3	0,5-3,7	25	17-31
Овес (Oat)	Зерно (Grain)	8	5,7	3,8-9,4	49	23-76
	Солома (Straw)	5	3,2	2,3-4,2	37	24-59
Ячмень (Barley)	Зерно (Grain)	1	5,2	-	13	-
	Солома (Straw)	1	2,5	-	11	-
Среднее взвешенное (Weighed mean)	Зерно (Grain)	18	5,4	3,8-9,4	42	13-76
	Солома (Straw)	12	2,7	0,5-4,2	30	11-59
Гречиха (в фазе цветения) (Polygonum at bloom stage)	Наземная часть (Over-ground part)	2	8,5	8,1-9,0	123	111-135
Бобовые (Legumes)						
Вика (Vetch)	Зерно (Grain)	1	7,5	-	32,2	-
	Стебли и листья (Stalks and leaves)	3	6,6	5,0-7,5	71,3	49-95
Горох (Pea)	Зерно (Grain)	1	6,5	-	15,3	-
	Стебли и листья (Stalks and leaves)	1	3,9	-	57,9	-
Среднее взвешенное (Weighed mean)	Зерно (Grain)	2	7,3	7,0-7,5	23,7	15-32
	Стебли и листья (Stalks and leaves)	4	5,9	3,9-7,5	67,9	49-70



Таблица 20 (окончание)  
Termination of table 20

1	2		3	4	5	6	7
Волокнистые (Flax family)							
Лен (Flax)	Семена (Seeds)	3	9,4	5,6-12,5	59	47-73	
	Соломка (Straw)	4	4,0	3,6-3,8	39	24-64	
Кормовые (Forage crops)							
Кукуруза (Corn)	Надземная часть (Over-ground part)	10	6,8	4,1-10,7	54,4	29-128	
	Корнеплод (Root crop)	3	7,3	5,6-8,7	73,0	28-110	
Сахарная свекла (Sugar beet)	Ботва (Haulm)		13,2	-	124	-	

Содержание меди и марганца в луговых и болотных растениях исследованного нами региона колеблется в широких пределах (табл. 21), что связано с большой сложностью геохимической обстановки подчиненных ландшафтов.

Наименьшим содержанием меди среди этих растений отличаются злаки (среднее по группе 1,8 мг/кг) и осоки (3 мг/кг). Значительно больше меди накапливают представители лугового разнотравья (9,2 мг/кг) и еще больше – бобовые (11,2 мг/кг).

Соотношение концентраций марганца в этих же группах растений иное. Максимальное количество его обнаружено в болотных растениях – осоках (220 мг/кг) и тростнике (170 мг/кг). Меньше всего содержат марганца злаки-мезофиты – пырей ползучий, мятлик, тимopheевка луговая и др. (среднее по группе – 32,8 мг/кг). Среднее содержание марганца в луговом разнотравье примерно в три раза больше, чем в лугово-степном.

Полученные результаты согласуются с литературными данными. Так, С. Ливский (Liwski, 1961), изучавший микроэлементы в луговых и болотных растениях Польши, установил, что наименьшее количество меди свойственно злакам (5), наибольшее – бобовым (9,5), промежуточное же положение занимает группа разнотравья (7,7 мг/кг).

По данным Л. Г. Машаровой и А. С. Бессоновой (1964), К. И. Плотникова (1964), Б. А. Скуковского (1969), А. Г. Машаровой (1969) сено злаковых, тростниковых и осоковых травостоев Новосибирской области обычно беднее медью, чем сено, в составе которого преобладают бобовые и разнотравье.

Значительное накопление марганца луговыми и болотными растениями отмечают многие исследователи (Бамберг, 1960; Liwski, 1961; Егоров, Артамонова, 1964; Скуковский, 1969).

Поступление микроэлементов в растения, как указывают К. К. Бамберг (1960), С. Ливский (Liwski, 1961), М. В. Каталимов (1965), в значительной степени зависит от щелочно-кислотных условий почв.

Это было отмечено и в наших исследованиях, особенно при изучении луговых и болотных растений (табл. 22).

Между содержанием марганца в растениях подчиненных ландшафтов и величиной pH водной суспензии почв установлена достоверная обратная корреляция:  $r = -0,426 \pm 0,126$  ( $n = 33$ ). Уменьшение поступления марганца в растения при изменении реакции среды в

Таблица (table) 21

Содержание меди и марганца в луговых и болотных растениях<sup>x)</sup>

Присалаирья

Copper and manganese content in meadow and boggy plants<sup>x)</sup>  
of Prissalairye

Растение (Plant)	Фаза развития (Stages of development)	n	Cu		Mn	
			M	lim	M	lim
			мг/кг (ppm)			
1	2	3	4	5	6	7
Злаковые (Grass family)						
Мезофиты	Плодоношение (Fruit bearing)	8	2,4	1,3-3,5	33	16-85
полевица белая - <i>Agrostis alba</i>	"	2	1,6	1,4-1,8	30	29-37
пырей ползучий - <i>Agropyrum repens</i>	"	1	3,4	-	16	-
ежа сборная - <i>Dactylis glomerata</i>	"	2	3,2	2,5-3,8	56	28-85
тимopheевка луговая - <i>Phleum pratense</i>	"	1	1,5	-	26	-
мятлик луговой - <i>Poa pratensis</i>	"	1	1,3	-	29	-
овсяница луговая - <i>Festuca pratensis</i>	"	1	3,5	-	39	-
Гигрофиты						
тростник обыкновен- ный - <i>Phragmites</i> <i>communis</i>	"	6	1,8	1,1-3,0	170	30-407
Среднее взвешенное (Weight mean)		14	1,8	1,1-3,8	86	16-407
Бобовые (Legumes)						
клевер луговой - <i>Trifolium pratense</i>	Цветение (Blooming)	2	14,4	8,8-20,0	43	41-45,0
клевер ползучий - <i>Trifolium repens</i>	"	2	10,7	8,8-12,5	88	49-127
горошек мышиный - <i>Vicia cracca</i>	Плодоношение (Fruit bearing)	1	7,5	-	54	

Таблица 2I (продолжение)  
Continuation of table 21

1	2	3	4	5	6	7
Среднее взвешенное (Weighed mean)		5	11,5	7,5-20,0	63	41-127
Осоки (Sedges)						
Осока стройная - <i>Carex gracilis</i>	Плодоношение (Fruit bearing)	2	3,4	2,3-4,5	239	152-327
Осока береговая - <i>Carex riparia</i>	"	2	1,7	1,4-1,9	422	115-728
Осока (разные виды) <i>Carex</i> sp.	"	9	3,3	0,7-4,5	123	38-328
Среднее взвешенное (Weighed mean)		13	3,0	0,7-4,5	220	38-728
Разнотравье (Meadow grass)						
Сем. Розоцветные - Rosaceae		11	6,6	1,8-8,3	189	26-1218
лабазник вязолист- ный - <i>Filipendula</i> <i>ulmaria</i>	Цветение (Blooming)	7	5,2	1,8-8,3	255	44-1218
лапчатка гусиная - <i>Potentilla anseri-</i> <i>na</i>	"	1	7,7	-	69	-
кровохлебка лекар- ственная - <i>Sanqui-</i> <i>sorba officinalis</i>	"	3	7,3	6,3-8,2	74	26-146
Сем. Сложноцветные - Compositae	"	3	8,2	5,9-10	76	52-105
девысил британский - <i>Inula britanica</i>	"	1	10,0	-	52	-
тысячелистник хрящ- еватый - <i>Achillea</i> <i>cartilaginea</i>	"	2	7,3	5,9-8,8	88	74-105
Сем. Лютиковые - Ranunculaceae						
басилистник простой - <i>Thalictrum simplex</i>	"	2	9,4	8,8-10,0	81	44-118

Таблица 21 (окончание)  
Termination of table 21

1	2	3	4	5	6	7
Сем. Первоцветные - Primulaceae						
вербейник- <i>Lysimachia vulgaris</i>	Цветение (Blooming)	2	12,0	10-14	210	45-375
Сем. Губоцветные - Labiatae						
мята луговая - <i>Mentha pratensis</i>	"	1	10,6	-	316	-
Сем. Гречишные - Polygonaceae						
щавель конский- <i>Rumex confertus</i>	Плодоношение (Fruit bearing)	2	6,3	5,8-6,8	51	38-64
Сем. Плакуновые - Lythraceae						
дербенник иволи- стный - <i>Lithrum salicaria</i>	Цветение (Blooming)	1	13,8	-	116	-
Среднее взвешенное (Weighed mean)		22	9,2	1,8-14	156	26-1218

х) Анализировали надземную часть растений (Over-ground part of plant was analysed).

сторону щелочной можно объяснить меньшей подвижностью этого элемента при высоких значениях pH.

На поглощение меди растениями реакция среды почв (в пределах 4,5-7,6 pH) не оказывает влияния (см. табл.22). Корреляция между содержанием меди в растениях и величиной pH почв отсутствует. Возможно, это связано со способностью меди образовывать растворимые комплексные соединения, в том числе карбонатные (Щербина, 1956), что повышает доступность ее растениям в условиях слабощелочной среды.

Накопление микроэлементов в почвах зависит от интенсивности поглощения их растениями. Последнюю Б.Б.Полынов (1945) предложил характеризовать величиной отношения:

Таблица (table) 23

Интенсивность поглощения меди и марганца растениями  
Салаира и Присалаирья

Intensity of copper and manganese intake in Salair  
and Prisalairye

Растение (Plant)	К Б П	
	Cu	Mn
I	2	3
<b>С а л а и р (S a l a i r)</b>		
Дерново-глубокоподзоленная почва (Soddy deeply- -podzolized soil)		
Пихта - <i>Abies sibirica</i>	4,1	12
Осина - <i>Populus tremula</i>	4,2	2,6
Смородина - <i>Ribes hispidulum</i>	1,0	0,6
Рябина - <i>Sorbus sibirica</i>	5,5	5,3
Малина - <i>Rubus idaeus</i>	4,2	2,8
Папоротник - <i>Pteridium aquilinum</i>	1,2	0,3
Ежа - <i>Dactylis glomerata</i>	2,7	1,8
Тимофеевка - <i>Phleum pratense</i>	2,2	1,5
Лабазник - <i>Filipendula ulmaria</i>	3,2	2,3
Борщевик - <i>Heracleum dissectum</i>	2,4	0,7
Борец - <i>Aconitum excelsium</i>	1,5	1,0
Хвощ - <i>Equisetum silvatica</i>	0,7	0,6
<b>П р и с а л а и р ь е (Prisalair plain)</b>		
Чернозем выщелоченный (Leached chernozem)		
Пшеница - <i>Triticum vulgare</i> (зерно- grain)	2,2	0,9
" " (солома- straw)	1,5	0,4
Ячмень - <i>Hordeum vulgare</i> (зерно- grain)	6,1	0,5
" " (солома- straw)	2,3	0,3
Овес - <i>Avena sativa</i> (зерно- grain)	2,9	0,4
" " (солома- straw)	1,8	0,4
Вика - <i>Vicia sativa</i>	1,6	0,7
Кукуруза - <i>Zea mays</i>	3,8	0,5
Щирица - <i>Amarantus sp.</i>	0,8	0,3
Ежа - <i>Dactylis glomerata</i>	0,9	1,1
Овсяг - <i>Avena fatua</i>	1,3	0,5
Осот - <i>Cirsium setosum</i>	2,6	0,4

Таблица 23

Termination of table 23

I	2	3
Серая лесная почва (Grey forest soil)		
Лен - <i>Linum usitatissimum</i> (соломка - straw)	0,6	2,0
Кукуруза - <i>Zea mays</i>	0,9	1,0
Хвощ - <i>Equisetum arvense</i>	1,4	0,4
Осот - <i>Cirsium setosum</i>	1,4	0,3
Лугово-аллювиальная почва (Meadow alluvial soil)		
Ива - <i>Salix</i> sp.	3,5	2,8
Смородина - <i>Ribes nigrum</i>	1,5	0,3
Береза - <i>Betula</i> sp.	3,1	0,7
Осока - <i>Carex gracilis</i>	1,4	0,6
Тростник - <i>Phragmites communis</i>	0,2	0,8
Высокая терраса р.Оби (High terrace of the Ob river)		
Дерново-слабоподзолистая почва (Soddy weakly podzolic soil)		
Сосна - <i>Pinus silvestris</i>	28,0	8,0
Береза - <i>Betula verrucosa</i>	10,0	10,0
Оси́на - <i>Populus tremula</i>	14,0	3,0
Папоротник - <i>Pteridium aquilinum</i>	12,0	1,3
Брусника - <i>Vaccinium vitis idaea</i> (листья - leaves)	15,0	23,0
" " (плоды - fruits)	28,0	4,5
Вейник - <i>Calamagrostis arundinacea</i>	8,3	2,7
Клевер - <i>Trifolium repens</i>	15,0	1,7

x) Коэффициенты биологического поглощения (КБП) меди и марганца ориентировочные, так как рассчитаны на сырую золу (Coefficients of biological intake (КБП) of copper and manganese are tentative as they were calculated per raw ash).

xx) Анализировали надземную часть травянистых растений, листья, хвою деревьев и кустарников (Over-ground part of herbaceous plants and leaves and needles of trees and shrubs was analysed).

ищей в почвах лесостепи), благодаря чему резко снижается миграция его с почвенными растворами.

КБП и меди, и марганца растений подчиненных ландшафтов не всегда превышает I (см.табл.23). По-видимому, биогенное накопление этих элементов здесь затухивают процессы их гидрогенной аккумуляции.

Природные воды постоянно осуществляют вынос многих веществ, в том числе и соединений микроэлементов, за пределы ландшафта. В результате этого процесса луговые и болотные почвы, занимающие отрицательные формы рельефа, часто обогащаются микроэлементами за счет поступления их с поверхностным и внутрипочвенным стоками.

Почвенно-грунтовые воды подчиненных ландшафтов, формирующиеся при постоянном подтоке растворов с водоразделов и террас, обычно содержат больше микроэлементов, чем грунтовые воды ав-

Таблица (table) 24

Медь и марганец в водах Салаира и Присалаирья  
Copper and manganese in waters of Salair and Prisalairye

Объект исследования (Object of investigation)	n	Cu	Mn	Коэффициент ВОДНОЙ МИГ- РАЦИИ (Coef- ficient of water migra- tion)	
		мг/л (mg/l)		Cu	Mn
Салаир (Salair)					
Воды рек и ручьев (River and running water)	5	0,006	0,013	0,44	0,04
Присалаирье (Prisalairye)					
Воды рек и ручьев (River and running water)	21	0,007	0,011	0,44	0,03
Грунтовые воды автономных ландшафтов (Phreatic water of autonomous landscapes)	11	0,006	0,021	0,21	0,04
Почвенно-грунтовые воды подчиненных ландшафтов (Soil-phreatic water of subordinate landscapes)	12	0,013	0,181	0,64	0,42



тономных ландшафтов (Ковда, Васильевская, 1958; Туржанов, Васильевская, 1962 и др.). Это подтверждают и наши исследования (табл.24). Увеличению концентраций марганца в почвенно-грунтовых водах подчиненных ландшафтов, вероятно, способствует и часто возникающая в почвах восстановительная обстановка.

Чтобы судить об интенсивности миграции меди и марганца с природными водами, мы рассчитали коэффициенты водной миграции этих микроэлементов (Перельман, 1966). Величины их показывают (см.табл.24), что медь в условиях Салаира и Присалаирской равнины является подвижным водным мигрантом, марганец - слабоподвижным. Миграционная способность марганца повышается лишь в подчиненных ландшафтах региона, где он становится подвижным мигрантом.

Таким образом, показатели интенсивности водной миграции меди и марганца в ландшафтах изученного региона подтверждают сделанные нами выше выводы о степени подвижности этих микроэлементов в почвах и интенсивности поглощения их растениями.

---

Растения автономных и подчиненных ландшафтов Салаира и Присалаирской равнины различаются по содержанию и интенсивности поглощения меди и марганца.

Среднее содержание меди в хвойных породах деревьев в 1,5-2 раза меньше, чем в лиственных. Среди травянистых растений автономных и подчиненных ландшафтов наименьшее количество меди свойственно злакам, наибольшее бобовым.

Марганец в большом количестве накапливают все лесные растения. Особенно много его содержится в листьях брусники, черники и березы, хвое пихты и сосны. Травянистые растения черновой тайги и сосновых лесов накапливают марганца в 2-3 раза больше, чем лугово-степная и культурная растительность лесостепи Присалаирья. Луговые и болотные растения, особенно осоки и тростник обыкновенный, характеризуются высоким содержанием марганца.

Наиболее интенсивно поглощают и медь, и марганец растения лесных ландшафтов. В условиях лесостепной зоны особенно резко снижается интенсивность поглощения марганца растениями, так как в черноземах и серых лесных почвах лесостепи марганец менее подвижен, чем в дерново-подзолистых.

Природные условия исследованного региона более благоприятны для миграции меди, чем марганца. Этому способствует господ-

ствующая здесь окислительная обстановка, вследствие хорошей дренированности территории.

Интенсивность водной миграции меди и марганца на изученной территории неодинакова. Медь является здесь подвижным, марганец - слабоподвижным водным мигрантом.

Возможность миграции марганца с природными водами возрастает в восстановительных условиях подчиненных ландшафтов, где он является подвижным мигрантом.

#### ВЛИЯНИЕ МЕДИ И МАРГАНЦА НА УРОЖАЙ ПШЕНИЦЫ И ОВСА НА ПОЧВАХ ПРИСАЛАИРЬЯ (вегетационные опыты)

На территории Присалаирья и в прилегающей части левобережного Приобья влияние микроэлементов меди и марганца на урожай и качество сельскохозяйственных культур изучали В.С.Федорова и Т.Г.Демина (1960), И.В.Бородин и А.М.Булычева (1961), И.В.Бородин и П.С.Иваровский (1963), И.В.Бородин (1965), Ф.А.Кочма - рева, Н.П.Сухинин (1965), П.С.Иваровский (1965), Н.М. Шурыгина (1966) и др. Большая часть опытов этих авторов проведена на выщелоченных черноземах, меньшая - на серых лесных почвах легкого механического состава. Результаты их исследований показали, что в большинстве случаев применение микроудобрений положительно влияет на величину и качество урожая кукурузы, сахарной свеклы, картофеля и овощей. Марганцевые удобрения на выщелоченных черноземах часто давали больший эффект, чем медные.

К сожалению, во многих работах названных авторов отсутствует статистическая оценка результатов опытов, отчего трудно судить о существенности прибавок урожая сельскохозяйственных культур от применения микроудобрений.

Следует отметить, что до настоящего времени на почвах Присалаирья не было изучено действие меди и марганца на урожай зерновых культур, в частности, пшеницы - ведущей культуры местного сельскохозяйственного производства. Очень слабо изучено и влияние этих микроэлементов на урожай растений, возделываемых на дерново-подзолистых и серых лесных почвах легкого механического состава, в то время как именно эти почвы характеризуются наиболее низким содержанием подвижной меди и марганца.

Для выяснения отзывчивости сельскохозяйственных культур на медные и марганцевые микроудобрения на почвах Присаламья в 1966-1967 гг. нами было поставлено 6 вегетационных опытов. Для опытов использовали почвы со средним содержанием подвижного марганца (41-48 мг/кг) и с низким (0,6), средним (2-2,6) и высоким (3,9-5,8 мг/кг) содержанием подвижной меди. На серой супесчаной почве выращивали овес, на всех остальных - пшеницу.

Исследования показали, что зерновые культуры в условиях оптимального увлажнения почв характеризуются различной отзывчивостью на медные и марганцевые удобрения в зависимости от типа почвы и обеспеченности ее подвижными формами микроэлементов (табл.25).

Острый недостаток меди в дерново-подзолистой почве оказал резко отрицательное влияние на рост и развитие пшеницы. Растения контрольного варианта имели очень светлую окраску листьев; примерно у 1/3 растений наблюдалось искривление стеблей в междоузлиях; развитие пшеницы сильно затянулось и даже во время уборки урожая некоторые растения еще находились в фазе кущения, трубкования или цветения. На контроле 40% зерна было мелким и щуплым.

Внесение медного удобрения оказало существенное положительное влияние на растения пшеницы. Последние отличались от контрольных ярко-зеленой окраской листьев, быстрее развивались, а при неожиданном заболевании мучнистой росой пострадали значительно меньше. Среди растений, получивших медь, с искривлением в междоузлиях было лишь по 1-2 на сосуд. Доля щуплых зерен была незначительной. Урожай зерна пшеницы на дерново-подзолистой почве под влиянием меди повысился на 142 и 187% по сравнению с контролем. Несмотря на то, что растения 2-го варианта в этом опыте получили меди больше, чем растения 3-го варианта, урожай последних был выше. Мы объясняем это явление сравнительно поздним сроком подкормки (середина фазы кущения), тогда как медь, очевидно, необходима пшенице в более ранний период развития. В целом же урожай зерна на дерново-подзолистой супесчаной почве был очень низким, так как эти почвы характеризуются невысоким плодородием.

На серой лесной легкосуглинистой почве пшеница не проявляла признаков медной недостаточности. Однако применение меди оказало весьма благоприятное влияние на ее рост и развитие, по-

Таблица (table) 25

Влияние меди и марганца на урожай пшеницы и овса  
на почвах Присалаирья

Copper and manganese influence on wheat and oats  
yield in soils of Prisalairye

Вариант (Variant)	Доза микро- элемента мг/кг почвы (Dose of trace ele- ment mg/kg of soil)	Урожай зерна на сосуд (Grain yield per pot)		НСР <sub>05</sub>
		г(г)	%	
I	2	3	4	5
О п ы т 1. Почва - дерново-слабоподзолистая супесчаная. Содержание подвижной меди в почве - 0,6 мг/кг (Experiment 1. Soddy podzolic loamy sand soil. Content of movable copper in soil ~ 0,6 ppm)				
1. NPK (контроль-control)		1,24	100	1,33
2. NPK + CuSO <sub>4</sub> + + CuSO <sub>4</sub> (подкормка- dressing)	1,5+3	3,00	242	
3. NPK + CuSO <sub>4</sub>	3	3,56	287	
О п ы т 2. Почва - серая лесная легкосуглинистая. Содержание подвижной Cu в почве - 2 мг/кг (Experiment 2. Grey forest light loam soil. Content of movable Cu in soil ~ 2 ppm)				
1. NPK (контроль-control)		4,84	100	2,97
2. NPK + намачивание семян в 0,005%-ном растворе CuSO <sub>4</sub> (NPK+steeping in 0,005% CuSO <sub>4</sub> - solution)		7,24	150	
3. NPK + CuSO <sub>4</sub>	2	8,06	165	
4. NPK + CuSO <sub>4</sub>	4	9,00	186	
5. NPK + CuSO <sub>4</sub>	8	10,67	221	
О п ы т 3. Почва - чернозем выщелоченный средне- суглинистый. Содержание подвижного Mn в почве - 41 мг/кг (Experiment 3. Leached medium loam cher- nozom. Content of movable Mn in soil - 41 ppm)				
1. NPK (контроль-control)		5,01	100	

Таблица 25(окончание)  
Termination of table 25

I	2	3	4	5
2. NPK + намачивание семян в 0,1%-ном растворе $MnSO_4$ (NPK+steeping in 0,1% $MnSO_4$ -solution)				
		5,68	II3	0,72
3. NPK + $MnSO_4$	10	6,31	I26	
4. NPK + $MnSO_4$	50	5,91	II8	
О п ы т 4. Почва - чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Содержание подвижной Cu в почве - 3,9 мг/кг (Experiment 4. Leached medium loam chernozem. Content of movable Cu in soil - 3,9 ppm)				
1. NPK (контроль- control)		10,50	100	
2. NPK + $CuSO_4$	2	9,97	95	1,52
3. NPK + $CuSO_4$	4	9,79	93	
О п ы т 5. Почва - темно-серая лесная среднесуглинистая. Содержание в почве подвижной Cu - 5,8, Mn - 48 мг/кг (Experiment 5. Dark grey forest medium loam soil. Content of movable Cu-5,8, Mn-48 ppm)				
1. NPK (контроль- control)		12,16	100	
2. NPK + $CuSO_4$	4	13,13	110	
3. NPK + $MnSO_4$	10	12,66	104	1,41
4. NPK + $CuSO_4$ + $MnSO_4$	4+10	12,77	102	
О п ы т 6. Почва - серая лесная супесчаная. Содержание в почве подвижной Cu - 2,6; Mn - 46 мг/кг (Experiment 6. Grey forest loamy sand soil. Content of movable Cu in soil - 2,6; Mn - 46 ppm)				
1. NPK (контроль- control)		8,64	100	
2. NPK + $CuSO_4$	5	10,36	120	1,98
3. NPK + $MnSO_4$	10	11,35	131	
4. NPK + $CuSO_4$ + $MnSO_4$	5+10	11,97	138	

выявило устойчивость растений против заболевания мучнистой росой и привело к достоверному увеличению урожая на 65-121%. С повышением дозы меди, внесенной в почву, возрастала и высота растений; на 5-ом варианте она была на 17 см больше, чем на контроле. Недостоверной оказалась прибавка урожая зерна, равная 50% на варианте с намачиванием семян в 0,005%-ном растворе сульфата меди, очевидно из-за того, что растения параллельных сосудов пострадали здесь от мучнистой росы в различной степени. На всех вариантах этого опыта медь способствовала ускорению созревания зерна пшеницы на 10 дней по сравнению с контролем.

На серой супесчаной почве, где содержание подвижной меди составляло 2,6 мг/кг, внесение медного удобрения не оказало достоверного влияния на урожай овса. На почвах с высоким содержанием подвижной меди (чернозем выщелоченный и темно-серая лесная) влияние меди на урожай пшеницы также не было существенным.

Таким образом, отзывчивость зерновых культур на медь уменьшается от дерново-подзолистых почв к серым лесным и черноземам, т.е. по мере увеличения количества подвижной фракции микроэлемента в почвах. Существенное положительное влияние медного удобрения на урожай зерна установлено на почвах с содержанием подвижной меди не более 2 мг/кг.

Аналогичные результаты были получены Э.Д. Орловой (1968) при изучении влияния меди на урожай пшеницы на выщелоченных черноземах и дерново-подзолистых почвах Сумской области.

Почвы, на которых изучали влияние марганцевого удобрения на урожай пшеницы, перед закладкой опытов содержали очень близкие количества подвижного марганца (см. табл. 24). Однако эффект от применения на них одинаковой дозы микроэлемента (10 мг/кг) был разный.

Наибольшее существенное влияние марганец оказал на урожай овса на серой супесчаной почве и пшеницы, выращенной на выщелоченном черноземе. На темно-серой лесной почве повышение урожая зерна пшеницы под влиянием этого микроэлемента было незначительным. Это можно объяснить, с одной стороны, неодинаковой чувствительностью к недостатку марганца опытных культур (овса и пшеницы), с другой, различными генетическими свойствами этих почв и, вероятно, поэтому разным характером превращений соединений марганца в почвах.

Последнее было выявлено при изучении динамики содержания

подвижного марганца в почвах. Например, при оптимальном увлажнении серой лесной почвы было отмечено уменьшение в ней количества подвижного марганца. Возможно, подобное явление имело место и в вегетационных опытах с черноземом и серой лесной супесчаной почвой, где эффект от марганца был гораздо выше, чем в опыте с темно-серой почвой.

Почти во всех проведенных опытах применение меди и марганца способствовало ускорению созревания зерновых культур. При внесении в почву сульфата марганца это наблюдалось и в случае, когда урожай зерна почти не повышался. Медное удобрение в большей степени ускоряло созревание зерна при низкой обеспеченности почв медью, чем при высокой.

В условиях короткого вегетационного периода на изученной территории ускорение созревания зерновых культур под влиянием микроэлементов имеет немалое значение для сельскохозяйственного производства.

Обобщая результаты вегетационных опытов, следует отметить, что они в основном подтверждают полученные нами данные по обеспеченности почв региона медью и марганцем.

Проведенные исследования позволяют предполагать, что при условии достаточного увлажнения в Присалаирье применение медных удобрений может быть наиболее эффективным на дерново-подзолистых и серых лесных почвах легкого механического состава; марганцевые же удобрения могут быть эффективны на выщелоченных черноземах, а также на серых лесных почвах легкого механического состава.

## Выводы

Уровень содержания микроэлементов в почвах зависит от концентрации их в материнских породах, направления и интенсивности процесса почвообразования, а также свойств самих элементов.

Количество меди и марганца в почвообразующих породах и почвах региона возрастает по мере увеличения дисперсности минерального субстрата.

При подзолообразовании медь выносится из горизонтов  $A_1$  и  $A_2$  и накапливается в горизонте В. Дерновый процесс способствует аккумуляции меди в горизонте  $A_1$ , что ярче всего выражено в черноземах. Марганец накапливается в горизонте А всех почв, что обусловлено способностью этого элемента образовывать трудно-

растворимые соединения в окислительной обстановке. В луговых и болотных почвах наряду с биологической происходит и гидрогенная аккумуляция меди и марганца.

Содержание меди в почвах в значительной степени контролируется илстой фракцией и гумусом. Марганец не накапливается в иле изученных почв и слабо закрепляется гумусом.

Наибольшим количеством валовой меди характеризуются луговые, болотные почвы и черноземы, наименьшим — дерново-слабоподзолистые почвы легкого механического состава. Больше всего марганца содержат болотные и луговые почвы, а среди автоморфных — дерново-глубокоподзоленные.

Аккумуляция меди и марганца в почвах происходит под воздействием растительности. Медь интенсивно накапливают растения всех изученных ландшафтов. Марганец же наиболее активно поглощают лесные растения. Травянистая лугово-степная растительность накапливает марганца в 2-3 раза меньше, чем лесное разнотравье.

Природные воды постоянно осуществляют вынос меди и марганца из почв повышений и аккумуляцию их в почвах депрессий. Медь является здесь подвижным водным мигрантом, марганец — слабоподвижным.

Обеспеченность почв региона подвижными формами меди и марганца в основном высокая и средняя. Низкое содержание подвижной меди обнаружено лишь в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах.

Содержание подвижных форм микроэлементов в почвах в течение вегетационного периода непостоянно и зависит от увлажнения, окислительно-восстановительных условий, численности микрофлоры. Степень влияния этих факторов на подвижность микроэлементов неодинакова в почвах, различных по генезису.

В Присалаирье при условии достаточного увлажнения от медных удобрений следует ожидать эффекта на дерново-подзолистых и серых лесных почвах легкого механического состава; марганцевые же удобрения могут быть эффективны на серых лесных почвах легкого механического состава и выщелоченных черноземах.



# COPPER AND MANGANESE IN SOILS, PLANTS AND WATERS OF SALAIR MOUNTAIN-RIDGE AND PRISALAIR PLAIN

A.A. T r e y m a n

## Summary

The level of content of soil trace elements depends on their concentration in soil-forming rocks, direction and intensity of soil-forming process and properties of elements as well.

Copper and manganese amount in soil-forming rocks and soils of the region is increased as increase in dispersity of mineral substrate.

By podzol-formation copper is removed from  $A_1$ - and  $A_2$ - horizons and accumulated in B-horizon. Sod-forming process promotes copper accumulation in A-horizon, in chernozems in particular, manganese is accumulated in A-horizon of all the soils that is conditioned by ability of this element to form sparingly soluble compounds in oxidation zone. Along with biological accumulation in meadow and moor soils hydrogenic accumulation of copper and manganese occurs as well.

Copper content in soils is controlled to a great extent by clay fraction and humus. Manganese is not accumulated in clay of the investigated soils and weakly fixed by humus.

Meadow, moor soils and chernozems are characterized by the greatest content of total copper, soddy weakly-podzolized light textured soils by the least content. Moor and meadow soils contain manganese most of all and soddy deeply-podsolised soils are notable for high manganese content among automorphic soils.

Copper and manganese accumulation in soils occurs under the influence of vegetation. Copper is intensively accumulated by plants of all the studied landscapes. Manganese is more intensively absorbed by forest plants. Herbaceous meadow and steppe vegetation accumulates manganese half or one third as much as forest motley grass.

Natural waters cause constant removal of copper and manganese from soils of elevations and their accumulation in soils of depressions. In this case copper is a movable water migrant, manganese is weakly movable one.

Supply of movable copper and manganese in soils of the region is principally high and medium. Low content of movable copper is only revealed in sandy and sandy loam soddy podsollic soils.

Content of movable compounds of trace elements in soils is unsteady during vegetational season and depends on moistening, redox conditions, microflora number. Influence of these factors on the mobility of trace elements is unequal in soils differed in genesis.

In Prisolairye under conditions of sufficient moistening one ought to expect an effect of cupric fertilizers in soddy podzolic and grey forest light textured soils, manganic fertilizers can be effective in grey forest light textured soils and chernozems.

### Л и т е р а т у р а

- А б у т а л ы б о в М.Г. Значение микроэлементов в растение - водстве. Баку, Азербайдж. гос.изд-во, 1961.
- А л и е в Д.А. Значение микроэлементов в метаболизме проводящих тканей растений. - В сб.: "Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине". Киев, Госсельхозиздат УССР, 1963.
- А р и с т о в с к а я Т.В. Микробиология подзолистых почв. Л., "Наука", 1965.
- Б а м б е р г К.К. Содержание микроэлементов в растениях и пути повышения эффективности микроэлементных удобрений. - В сб.: "Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине". Рига, Изд-во АН ЛатвССР, 1956.
- Б а м б е р г К.К. Содержание микроэлементов в растениях Латвийской ССР. - Тр. биогеохимической лаборатории Ин-та геохимии и аналитической химии АН СССР, т.П. М., 1960.
- Б е р и н я Д.Ж. Формы и динамика марганца в почвах Латвийской ССР. (Автореф.канд.дисс.). Рига, 1961.
- Б о р о д и н И.В. К изучению эффективности отдельных минероудобрений в Западной Сибири. - В сб.: "Изыскание местных удобрений и отходов промышленности для химизации сельского хозяйства Сибири". Новосибирск, 1965.
- Б о р о д и н И.В., Б у л ы ч е в а А.М. Влияние бора и марганца на урожай капусты и томатов на выщелоченном черноземе. - Докл. XVI научной конференции НСХИ. Новосибирск, 1961.
- Б о р о д и н И.В., И в а р о в с к и й П.С. Микроудобрения под сахарную свеклу в Новосибирской области. - В сб.: "Пра-

- вильно использовать земли Новосибирской области". Новосибирск, 1963.
- В а с и л ь е в с к а я В.Д. Микроэлементы Co, Ni, Cu и Zn в почвах, растениях и природных водах Верхнего Приамурья. (Автореф. канд. дисс.). М., 1959.
- В е р и г и н а К.В. О содержании цинка, меди, кобальта в илистых фракциях дерново-подзолистых почв на покровных суглинках. В сб.: "Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине". Киев, Госсельхозиздат УССР, 1963.
- В е р и г и н а К.В., Ж у р а в л е в а Е.Г. Микроэлементы в почвах и породах области (цинк, кобальт, медь). - В сб.: "Микроэлементы в почвах Ярославской области". М., Изд-во АН СССР, 1962.
- В и н о г р а д о в А.Г. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах, изд. 2. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Г о р б у н о в Н.И. Методика подготовки почв, грунтов, взвесей рек и осадков морей к минералогическому анализу. - Почвоведение, 1960, № II.
- Г р о д з и н с к а я К.Д. О бактериальном превращении марганца в почве. - В сб.: "Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине". Киев, Госсельхозиздат УССР, 1963.
- Г р о д з и н с к а я К.П. Роль основных физиологических групп микроорганизмов в изменении доступности марганца для растений. - В сб.: "Микроэлементы в жизни растений, животных и человека". Киев, "Наукова думка", 1964.
- Д о б р и ц к а я Ю.И. Содержание молибдена и марганца в илистой фракции некоторых почв. - Агрохимия, 1967, № 3.
- Д о б р о в о л ь с к и й И.В., Я к у ш е в с к а я И.В. О некоторых закономерностях распределения микроэлементов в почвах речных долин. - Вестник МГУ, 1960, № 5.
- Д о с л е х о в Б.А. Методика полевого опыта. М., "Колос", 1968.
- Д ь е р и Д. Содержание и динамика марганца, цинка, кобальта, меди и молибдена в некоторых почвах и растениях. (Автореф. канд. дисс.). М., 1962.
- Д ь е р и Д., З ы р и н Н.Г. Особенности динамики Mn, Co, Zn, Cu в системе почва-растение. - Агрохимия, 1965, № 3.
- Е г о р о в А.Д., А р т а м о н о в а К.Ф. Алюминий, железо, марганец в растениях и сене. - В сб.: "Биохимические осо-

бенности растений Якутии". М., "Наука", 1964.

- Ж у р а в л е в а Е.Г. К вопросу о содержании микроэлементов в органическом веществе почв. - Почвоведение, 1965, № 12.
- З и р и н Н.Г. Узловые вопросы учения о микроэлементах в почвоведении. - Доклад по опубликованным работам на соискание уч.ст.д.б.н. Изд-во МГУ, 1968.
- З и р и н Н.Г., Б е л и ц и н а Г.Д., Б р ы с о в а Н.П. Содержание микроэлементов железа в некоторых почвах СССР. - Вестник МГУ, серия У1, № 5. Изд-во МГУ, 1961.
- И в а н о в Д.И. Распространение меди в почвах и роль медных удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. - Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, т. XXXIV. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1950.
- И в а р о в с к и й П.С. Влияние предпосевной обработки семян на урожай сахарной свеклы. - В сб.: "Изыскание местных удобрений и отходов промышленности для химизации сельского хозяйства Сибири". Новосибирск, 1965.
- И л ь и н В.Б. Медь в почвах юга Западной Сибири. - Изв. Сиб. отд. АН СССР, серия биол. и мед. наук. Новосибирск, 1967, № 15, вып. 3.
- И л ь и н В.Б. Микроэлементы в почвах южной части Западной Сибири. - Изв. Сиб. отд. АН СССР, серия биол. и мед. наук. Новосибирск, 1968, № 15, вып. 3.
- И л ь и н В.Б. Влияние гумусированности и дисперсии механических частиц на содержание микроэлементов в почве. - Изв. Сиб. отд. АН СССР, серия биол. и мед. наук. Новосибирск, 1969, № 5, вып. 1.
- К а т а л ы м о в М.В. Микроэлементы и микроудобрения. М.-Л., "Химия", 1965.
- К о в д а В.А., В а с и л ь е в с к а я В.Д. Исследование содержания микроэлементов в почвах Приамурья. - Почвоведение, 1958, № 12.
- К о в д а В.А., Я к у ш е в с к а я И.В., Т ы р к а н о в А.Н. Микроэлементы в почвах Советского Союза. Изд-во МГУ, 1959.
- К о ч м а р е в Ф.А., С у х и н и н Н.П. Влияние обработки семян соединениями марганца на урожай кукурузы. - В сб.: "Изыскание местных удобрений и отходов промышленности для химизации сельского хозяйства Сибири". Новосибирск, 1965.

- Л е в а н и д о в Л.Я. Марганец в геохимическом ландшафте южно-уральской лесостепи. - Уч.засп. Челябинского отд. геофизического о-ва СССР, вып.2. Челябинск, 1957.
- Л у к а ш е в К.И. Геохимическое поведение элементов в гипергенном цикле миграций. Минск, "Наука и техника", 1964.
- Л у к а ш о у К.И., П е т у х о в а Н.Н. Марганец у глебах і пародах Беларускага Палесся. - Весці Акад. Навук БССР, сер. фіз.-тэхн. навук, 1964, № 2.
- Л у к а ш е в К.И., П е т у х о в а Н.Н. Сравнительная характеристика пойменных почв бассейнов Немана, Западной Двины и Припяти по содержанию микроэлементов. - В сб.: "Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине", т.1. (Тез. докл. У Всесоюзного совещания). Улан-Удэ, 1966.
- М а д а н о в П.В. Биологическая аккумуляция марганца в почвах Волжско-Камской лесостепи и его доступность сельскохозяйственным растениям. - Уч.засп. Казанского гос.ун-та им. В.И.Ульянова-Ленина, 1953, т.113, кн.7.
- М а д ю г а Д.П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- М а н а к о в К.Н. Поглощение растительностью минеральных элементов и азота из почвы. - Почвоведение, 1961, № 8.
- М а ш а р о в а Л.Г. Химический состав и питательность кормов Западной Сибири. Новосибирск, 1969.
- М а ш а р о в а Л.Г., Б е с с о н о в а А.С. Содержание меди и кобальта в почвах и кормах некоторых областей Западной Сибири. - В сб.: "Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине Сибири". (Тез. докл. 2-й Сибирской конф. по микроэлементам). Красноярск, 1964.
- Н о з д р у н о в а Е.М., Р ы т и к о в а М.Н., Ш е м я к и н а А.Д. К вопросу о сезонных изменениях содержания подвижного и обменного марганца в дерново-подзолистых почвах. - Докл. ТСХА, вып. XXXIV, 1958.
- О р л о в А.Я., О р л о в а Л.П. Содержание микроэлементов в почве и хвое основных типов сосновых лесов южной тайги. - Агрохимия, 1966, № 4.
- О р л о в а М.П. Содержание меди, цинка, марганца, кобальта и молибдена в дерново-подзолисто-глебовых супесчаных почвах старого Петергофа Ленинградской области. - Тез. докл. Всесоюзного межвуз. совещания по проблеме: "Микроэлементы и естественная радиоактивность", кн.1. Петрозаводск, 1965.

- О р л о в а Э.Д. Влияние микроудобрений на химический состав и урожай яровой пшеницы на почвах Омской области. (Автореф. канд.дисс.). Омск, 1968.
- П е й в е Я.В. Микроэлементы и ферменты. Рига, Изд-во АН ЛатвССР, 1960.
- П е й в е Я.В. Руководство по применению микроудобрений. М., Сельхозгиз, 1963.
- П е р е л ь м а н А.И. Геохимия ландшафта. М., "Высшая школа", 1966.
- П л о т н и к о в К.И. Содержание главных макро- и микро-элементов в корнях и органах сельскохозяйственных животных в различных зонах Новосибирской области. - В сб.: "Микро-элементы в сельском хозяйстве и медицине Сибири". (Тез.докл. 2-й Сибирской конф. по микроэлементам). Красноярск, 1964.
- П о л ы н о в Б.Б. Первые стадии почвообразования на массивно-кристаллических породах. - Почвоведение, 1945, № 7.
- Р у д е н с к а я К.В. Содержание марганца и меди в органическом веществе некоторых почв Ростовской области. - В сб.: "Микроэлементы и естественная радиоактивность почв". Изд-во Ростовского ун-та, 1962.
- С и н к е в и ч З.А., С т р и ж о в а Г.П. Содержание микро-элементов в гранулометрических фракциях черноземов и серых лесных почв. - Тез.докл. Всесоюз. межвуз. совещания по проблеме: "Микроэлементы и естественная радиоактивность", кн. I. Петрозаводск, 1965.
- С и н я г и н И.И. Микроэлементы в почвах сероземной зоны. - Проблемы советского почвоведения, сб. I4. М., Изд-во АН СССР, 1946.
- С к у л о в с к и й Б.А. Содержание микроэлементов в кормах Новосибирской области (Автореф. канд.дисс.). Томск, 1969.
- Т р и ф о н о в а Л.Ф. Содержание меди, кобальта и марганца в некоторых почвах Новгородской области и их илистой фракции. - В сб.: "Дерново-подзолистые почвы". Изд-во ЛГУ, 1967.
- Т ю р ь к а н о в А.Н., В а с и л ь е в с к а я В.Д. Основные закономерности распределения химических элементов в почвах долины р. Жиздры. - В сб.: "Микроэлементы и естественная радиоактивность почв". Изд-во Ростовского ун-та, 1962.

- Федорова В.С., Демина Т.Г. Влияние микроэлементов на содержание витаминов в листьях кукурузы. - Тр. ЦСБС, вып.4. Новосибирск, 1960.
- Ципанова А.Н. К вопросу о сезонной динамике подвижного марганца в некоторых почвах подзоны средней тайги. Почвоведение, 1967, № 3.
- Чжан Шэн. Содержание и миграция бора, йода, ванадия, хрома, марганца, кобальта, никеля, меди и цинка в некоторых почвах, растениях и природных водах степного ландшафта СССР и КНР. (Автореф.канд.дисс.). М., 1962.
- Шарова А.С. Содержание микроэлементов - меди, цинка, кобальта и марганца - в некоторых почвах Латвийской ССР. - Почвоведение, 1957, № 3.
- Школьник М.Я., Абдурашитов С.А. Влияние микроэлементов на синтез и передвижение углеводов. - Физиология растений, 1958, т.5.
- Шурыгина Н.М. Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами на урожай моркови. - Тр. Новосибирского сельскохозяйственного ин-та, т.ХХVI, вып. I, 1966.
- Щербина В.В. Комплексные соединения и перенос химических элементов в зоне гипергенеза. - Геохимия, 1956, № 5.
- Щетинина Л.Л. Микроэлементы в почвах и растениях Центрального Полесья УССР. (Автореф.докт.дисс.). Омск, 1967.
- Ярилова Е.А. О формах связывания марганца почвами. - Проблемы советского почвоведения, сб.2. М., Изд-во АН СССР, 1936.
- Ярков С.П. Почвы лесо-луговой зоны. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Wright S.M., Skerman V.B. Biological oxidation of manganese in soils. - Soil Sci., 1950, v.69, N 5.
- Conner S., Shimp N., Tedrow J. A spectrographic study of the distribution of trace elements in some podsollic soils. - Soil Sci., 1957, v.83, N 1.
- Grimm H. Die fraktionierte Extraktion von Kupfer aus Böden. - Z. Pflanzenernähr., Bodenkunde, 1967, Bd.116, H.3.
- Kosegarten E.K. Veränderungen des aktiven Mangans von Bodenproben in Abhängigkeit von Wassergehalt und Mikrobenaktivität. - Landwirtschaftliche Forschung, 1957, Bd. 10, H. 4.

- L i w s k i S., Mikroelementy - Mn, Fe, B, Cu, Co, Zn, Mo -  
w roślinności takowej i bagiennych. - Roczn. Nauk roln.,  
1961, 75, N 1.
- L o u n a m a J. Trace elements in plants growing wild on  
different rocks in Finland. - Ann. Botanic. Soc. "Vanamo",  
1956, 29, N 4.
- L e R i c h H.H., W e i r A.H. A method of studying trace  
elements in soil fractions. - J. Soil Sci., 1963, v. 14, N 2.
- S c h l i c h t i n g E. Kupferbindung und Fixierung durch Hu-  
minsäuren. - Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde. 1955  
Bd. 69, H. 1.
- S c h l i c h t i n g E. Schwermetalle in typischen Böden  
der nordwestdeutschen Moränenlandschaft (insbesondere Kup-  
fer in Podsolen). - Z. Pflanzenernähr. Düng., Bodenkunde,  
1965, Bd. 110, N 2.
- W e h r m a n n I. Möglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse  
in der Forstwirtschaft. - Landwirtschaftliche Forschung,  
1963, Bd. 16, N 2.



## БОР В ЛАНДШАФТАХ БАРАБЫ И ЦОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

Бор является необходимым элементом для нормального роста и развития растений. Как установлено советскими и зарубежными учеными, он оказывает положительное влияние на интенсивность дыхания и фотосинтеза растений, способствует накоплению и передвижению углеводов в них, принимает активное участие в нуклеиновом обмене, активизирует гидролитическую активность инвертазы.

Одна из специфичных физиологических функций бора — влияние на цветение и плодоношение растений.

Как недостаток, так и избыток бора в питательной среде обуславливает резкое снижение продуктивности растений, а в особо неблагоприятных случаях их гибель.

Предупреждение отрицательного влияния недостатка или избытка бора возможно лишь на основе познаний о распределении его в ландшафте вообще и почве в частности.

Изучение бора в ландшафтах Западной Сибири начато недавно. Работы Г.В.Деловой (1960), С.Л.Елькиной (1960), В.С.Федоровой и Т.Г.Деминной (1960), И.Н.Шабалина (1962), И.В.Бородина и П.С.Иваровского (1963), И.Н.Шабалина, Л.П.Яблоковой (1965) показали положительное влияние бора на урожай и его качество различных культур в условиях Западной Сибири. Однако исследователями не проводилось определение почвенного бора.

Работа А.С.Михайлова (1962), выполненная очень схематично, явилась первой попыткой дать общее представление о содержании бора в почвах и водах Западной Сибири.

Детальное изучение бора в ландшафтах юга Западной Сибири

было начато лабораторией плодородия почв Биологического института, а в настоящее время Института почвоведения и агрохимии СО АН СССР (Ильин, 1964, 1965, 1969; Зайкова, 1964; Анкина, 1965, 1966; Попов, 1969).

В.Б.Ильиным (1964, 1965) были выявлены основные закономерности распределения бора в ландшафтах юга Западной Сибири, что позволило ему выделить на изученной территории биогеохимические округа с различным уровнем содержания данного элемента.

Наши исследования касаются особенностей распределения и поведения бора в ландшафтах Барабы и Новосибирского Приобья.

К Приобью отнесены Приобское плато, правобережная часть которого названа Присалаирской дренированной равниной, долина и террасы Оби, юго-западные отроги Салаирского кряжа, для краткости именуемого нами Салаиром. Необходимость подобных исследований здесь очевидна, так как изученная территория интенсивно используется в сельскохозяйственном производстве.

#### ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ И ПОВЕДЕНИЕ БОРА В ЛАНДШАФТАХ

Содержание, накопление и поведение бора в ландшафтах определяются его химическими свойствами и условиями природной обстановки.

По определению А.Е.Ферсмана (1934), бор — элемент неустойчивый на земной поверхности. При процессах выветривания он легко вымывается из пород и почв. Особенно интенсивно это происходит в гумидных районах. Кислые и щелочные условия среды увеличивают скорость этого процесса.

Выщелачиваясь из почв и грунтов, бор всегда присутствует в поверхностных и почвенно-грунтовых водах.

Поскольку бор необходим для нормальной деятельности живых организмов, значительное количество его в ландшафте ассимилируется высшими растениями, а также представителями нижней флоры и фауны. При этом накопление его, например, в растительных организмах (Berger, 1949; Каталимов, 1949; Школьник, 1950, 1952; Школьник, Макарова, Стеклова, 1952; Сывороткин, 1952; Бобко, 1963; Деспотова, 1966; Каталимов, 1965; Григорьева, 1967 и др.) зависит от их физиологических потребностей в элементе. Поэтому растениям бор необходим в различных количествах. Ячмень, пше-

ница, овес и прочие представители из злаковых содержат и потребляют бора значительно меньше, чем растения, относящиеся к семействам бобовых, крестоцветных, сложноцветных, зонтичных, кипрейных.

Бараба и Новосибирское Приобье отличаются разнообразием природных условий, в различной степени влияющих на активность миграции микроэлемента в ландшафтах.

На территории равнинной, слабодренлируемой, но сильно обводненной Северной Барабы, а также расчлененных и хорошо дренируемых Салаира, Присалаирской равнине и террасах Оби создаются возможности выщелачивания бора и выноса его за их пределы.

Центральная, Южная Бараба, а также Северная Кулунда имеют гривный рельеф, что способствует миграции бора здесь в понижения, где он может накапливаться в поверхностных и грунтовых водах. Концентрирование бора в них обуславливают бессточность и засушливый климат этого района исследований.

Вследствие большой протяженности изученной территории в Барабе прослеживается широтная, а в Приобье вертикальная поясности биоклиматических зон. Это позволяет на данной территории различать лесные (Северная Бараба, Салаир), лесостепные (Центральная Бараба, Приобское плато) и степные (Южная Бараба, Северная Кулунда) ландшафты.

Долина Оби в пределах изученной территории пересекает лесостепную зону. Находясь под влиянием климата этой зоны, она в то же время имеет много своеобразных черт, отличающих ее от примыкающих водоразделов. И в частности, здесь на надпойменных террасах широко развиты автономные лесные ландшафты. Ландшафты же, формирующиеся в пойме, испытывают влияние окружающих водораздельных пространств.

Уровень содержания бора в ландшафте определяется, прежде всего, его концентрацией в почвообразующей породе. Из материнских пород наиболее богаты бором осадочные отложения и особенно глины (Гольдшmidt, Петерс, 1938), которые имеют большое количество минералов, обладающих высоким содержанием микроэлемента (Хардер, 1965; Александров, Барсуков, Щербина, 1969).

Между дисперсностью пород и количеством микроэлементов в них существует прямая связь (Eaton and Wilcox, 1939; Виноградов, 1947, 1957; Пейве, 1958, 1960, 1961; Пацукевич, 1964;

Ильин, 1964, 1965, 1969; Park and Park, 1966; Ковалевский, 1967; Долобовская, 1970 и др.). Породы тяжелого механического состава содержат обычно больше бора, чем легкие.

В Барабе и Новосибирском Приобье почвообразующими породами служат, главным образом, лессовидные, аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения различного механического состава. Они обладают неодинаковым уровнем содержания бора. Почвы, формирующиеся на них, наследуют эти различия и сохраняют корреляционную зависимость валового количества бора от степени дисперсности минерального субстрата.

Как показали результаты статистической обработки (в выборку включены почвы: дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы, лугово-черноземные, луговые, солонцы), проведенной нами (табл. I), больше бора содержат почвы тяжелосуглинистого и глинистого, чем средне-, легкосуглинистого или песчаного и супесчаного составов. Коэффициент корреляции содержания валового бора с количеством глинистых частиц равен  $+0,61 \pm 0,08$ . Судя по величине коэффициента корреляции валового бора с частицами  $< 0,001$  мм ( $r = +0,45 \pm 0,09$ ), значительное количество элемента в глинистой фракции определяется содержанием ила. По данным В.Б.Ильина (1969), в почвах юга Западной Сибири примерно 40-50% содержания в почве бора приходится на долю этой фракции. По концентрации микроэлемента гранулометрические фракции распределяются в следующем порядке: ил  $>$  пыль  $>$  песок.

Подученные нами величины коэффициента корреляции подтверждали наличие прямой связи между степенью дисперсности минерального субстрата и валовым количеством бора в почве.

Почвообразование — мощный фактор, способный нарушить характер первоначального распределения элементов в толще материнской породы. Глубина происходящих изменений зависит от типа почвообразования и от свойств самого химического элемента (Виноградов, 1957; Малыга, 1963).

Исследования Е.Б.Бобко и Т.В.Матвеевой (1936), С.И.Синяковой (1939), И.И.Синягина (1946), А.П.Виноградова (1947, 1957), Д.Баеску, С.Зальцмана (Băjescu, Salzman, 1965) и других показали, что содержание бора в почвах носит зональный характер и уменьшается от сероземов к подзолам, т.е. по мере выщелоченности почв. В подзолах, по мнению данных авторов, идет процесс обеднения бором верхнего горизонта и концентрирование его в

Таблица (table) 1

Связь содержания валового бора с количествами физической глины, ила и гумуса в почвах Барабы и Новосибирского Приобья

Relation between total boron content and amounts of physical clay, clay, humus in soils of Baraba and Novosibirsk Priobye

Показатели (Indices)	n	$r \pm m_r$	$t_r$	t (for) при $P=$ $=0,95$
Частицы (particles) < 0,01 мм	89	$+0,61 \pm 0,08$	7,6	2
Частицы (particles) < 0,001 мм	89	$+0,45 \pm 0,09$	5,0	2
Гумус (humus)	90	$+0,09 \pm 0,09$	1,1	2

иллювиальном горизонте. В черноземах, каштановых почвах, напротив, повышенное содержание бора наблюдается в перегнойно-аккумулятивном горизонте и в целом идет процесс обогащения почв бором. По мнению А.П.Виноградова (1957), бор имеет тенденцию накапливаться в гумусовом горизонте, но в то же время он легко вымывается из почвы вплоть до грунтовых вод. Такое противоречивое поведение бора обусловлено тем, что с органическим веществом почвы он не образует прочные и устойчивые связи (Berger, 1949; Каталимов, 1949; Park, White, 1952; Mitchell, 1955; Пейве, 1961; Werkhoven, 1964; Miljkovic, Matthews, Miller, 1966 и др.), а вступает в комплексные соединения. Эти соединения способны быстро разрушаться, особенно в кислых почвах гумидных районов.

В засушливых условиях разрушение таких соединений задерживается и высвобождение бора из органических структур происходит медленно (Park, White, 1952).

Отмеченные химические особенности элемента позволяют предполагать, что содержание валового бора находится в небольшой зависимости от гумусированности почв. Такое явление было отмечено нами, когда в выборку включали всю совокупность изученных почв ( $r = +0,09$ ; см.табл.1).

Расчет же коэффициента корреляции между количествами гумуса и валового бора, сделанный для черноземов лесостепной части исследованной территории показал наличие более существенной

Ильин, 1964, 1965, 1969; Park and Park, 1966; Ковалевский, 1967; Долобовская, 1970 и др.). Породы тяжелого механического состава содержат обычно больше бора, чем легкие.

В Барабе и Новосибирском Приобье почвообразующими породами служат, главным образом, лессовидные, аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения различного механического состава. Они обладают неодинаковым уровнем содержания бора. Почвы, формирующиеся на них, наследуют эти различия и сохраняют корреляционную зависимость валового количества бора от степени дисперсности минерального субстрата.

Как показали результаты статистической обработки (в выборку включены почвы: дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы, лугово-черноземные, луговые, солонцы), проведенной нами (табл. I), больше бора содержат почвы тяжелосуглинистого и глинистого, чем средне-, легкосуглинистого или песчаного и супесчаного составов. Коэффициент корреляции содержания валового бора с количеством глинистых частиц равен  $+0,61 \pm 0,08$ . Судя по величине коэффициента корреляции валового бора с частицами  $< 0,001$  мм ( $r = +0,45 \pm 0,09$ ), значительное количество элемента в глинистой фракции определяется содержанием ила. По данным В.Б.Ильина (1969), в почвах юга Западной Сибири примерно 40-50% содержания в почве бора приходится на долю этой фракции. По концентрации микроэлемента гранулометрические фракции распределяются в следующем порядке: ил > пыль > песок.

Полученные нами величины коэффициента корреляции подтверждали наличие прямой связи между степенью дисперсности минерального субстрата и валовым количеством бора в почве.

Почвообразование - мощный фактор, способный нарушить характер первоначального распределения элементов в толще материнской породы. Глубина происходящих изменений зависит от типа почвообразования и от свойств самого химического элемента (Виноградов, 1957; Малига, 1963).

Исследования Е.Б.Бобко и Т.В.Матвеевой (1936), С.И.Синяковой (1939), И.И.Синягина (1946), А.П.Виноградова (1947, 1957), Д.Баеску, С.Зальцмана (Băjescu, Salzman, 1965) и других показали, что содержание бора в почвах носит зональный характер и уменьшается от сероземов к подзолам, т.е. по мере выщелоченности почв. В подзолах, по мнению данных авторов, идет процесс обеднения бором верхнего горизонта и концентрирование его в

Таблица (table) 1

Связь содержания валового бора с количествами физической глины, ила и гумуса в почвах Барабы и Новосибирского

Приобья

Relation between total boron content and amounts of physical clay, clay, humus in soils of Baraba and Novosibirsk Priobye

Показатели (Indices)	n	$r \pm m_r$	$t_r$	t (for) при $P=$ $=0,95$
Частицы (particles) < 0,01 мм	89	$+0,61 \pm 0,08$	7,6	2
Частицы (particles) < 0,001 мм	89	$+0,45 \pm 0,09$	5,0	2
Гумус (humus)	90	$+0,09 \pm 0,09$	1,1	2

иллювиальном горизонте. В черноземах, каштановых почвах, напротив, повышенное содержание бора наблюдается в перегнойно-аккумулятивном горизонте и в целом идет процесс обогащения почв бором. По мнению А.П. Виноградова (1957), бор имеет тенденцию накапливаться в гумусовом горизонте, но в то же время он легко вымывается из почвы вплоть до грунтовых вод. Такое противоречивое поведение бора обусловлено тем, что с органическим веществом почвы он не образует прочные и устойчивые связи (Berger, 1949; Каталимов, 1949; Park, White, 1952; Mitchell, 1955; Пейве, 1961; Werkhoven, 1964; Miljkovic, Matthews, Miller, 1966 и др.), а вступает в комплексные соединения. Эти соединения способны быстро разрушаться, особенно в кислых почвах гумидных районов.

В засушливых условиях разрушение таких соединений задерживается и высвобождение бора из органических структур происходит медленно (Park, White, 1952).

Отмеченные химические особенности элемента позволяют предполагать, что содержание валового бора находится в небольшой зависимости от гумусированности почв. Такое явление было отмечено нами, когда в выборку включали всю совокупность изученных почв ( $r = +0,09$ ; см. табл. I).

Расчет же коэффициента корреляции между количествами гумуса и валового бора, сделанный для черноземов лесостепной части исследованной территории показал наличие более существенной

связи между этими показателями ( $r = +0,48 \pm 0,22$ ,  $t_r = 2,2$ ,  $t = 2,1$ ;  $P = 0,95$ ). Очевидно, в данном случае в перегнойно-аккумулятивном горизонте почв создаются условия для закрепления бора. Но этот период, видимо, носит временный характер. При наступлении благоприятных условий бор высвобождается в процессе минерализации органического вещества, а затем выщелачивается.

По вопросу нахождения элемента в природных растворах мнения исследователей различные. Одни (Александров, Барсуков, Щербина, 1968) утверждают, что в данных растворах бор находится в форме свободной борной кислоты. Другие (Валашко, 1953; Лукашев, 1964; Ватанабе, 1964; Barker, Mortenson, 1966) напротив полагают, что в природных условиях бор может образовывать комплексные соединения с карбонатами Ca, Mg, Ba, K, Na, Li. Это приводит к осаждению растворимой фракции элемента в породах, почвах, водах, в которых содержатся углекислые соли названных катионов. Я.В.Пейве (1961), Е.Б.Бобко (1963), С.Синг (Singh, 1964), Д.Хатчер, С.Бауэр, М.Кларк (Hatcher, Bower, Clark, 1967), А.Метвелли (Metwally, 1967) считают, что осаждение свободного бора в почвах карбонатами Ca, Mg, K, Na, Li не происходит. По их мнению, закрепление бора осуществляется свободными окислами Fe и Al.

Т.Итон и Л.Вилькоккс (Eaton and Wilcox, 1939) механизм закрепления бора почвой сводят к трем видам: химическому осаждению, ионнообменному и молекулярной адсорбции. В процессах адсорбции бора большую роль играют механический состав, концентрация элемента в почвенном растворе, величина pH и окислительно-восстановительного потенциала, содержание  $\text{CaCO}_3$ , влажность и температура почвы. Снижение pH увеличивает концентрацию бора в растворе. Большое нахождение бора в растворенном состоянии обуславливает меньшее закрепление элемента почвой (Hatcher, Blair, Bower, 1959; Singh, 1964).

По исследованиям Д.Хатчера, Г.Блайэра, С.Бауэра (Hatcher, Blair, Bower, 1959) и Я.С.Синга (Singh, 1964) растения поглощают бор только из почвенного раствора, адсорбированный бор в их питании участия не принимает.

Между количеством воднорастворимого бора и накоплением его в растениях существует прямая связь (Miljkovic, Matthews, Miller, 1966). Содержание же подвижного (воднорастворимого) бора в почвах зависит от механического состава, запасов органиче-



ского вещества, реакции среды, температуры и влажности почвы (Berger, Truog, 1945; Olson, Berger, 1946; Park, White, 1952; Datta, Kathavate, 1965 и др.). Но действие каждого фактора носит противоречивый характер.

Исследования Н.Миляковича, Б.Маттевюса, М.Миллера (Miljkovic, Matthews, Miller, 1966) показали, что наиболее высокое достоверное влияние на количество подвижного бора в почве оказывает совокупное действие органического вещества и величины pH, которое определяет свыше 64% природного разнообразия признака.

По нашим исследованиям на концентрацию подвижного бора в почвах автоморфного ряда развития Барабы и Новосибирского Приобья существенно влияют гумус ( $r = +0,54 \pm 0,12$ ;  $t_r = 4,5$ ;  $t = 2,0$ ;  $P = 0,95$ ;  $n = 30$ ) и почвенная влага. Причем влияние последней сильнее ( $r = +0,6 \pm 0,15$ ;  $t_r = 4,4$ ;  $t = 2,0$ ;  $P = 0,95$ ;  $n = 43$ ) проявляется на почвах легкого механического состава, чем тяжелых ( $r = +0,48 \pm 0,16$ ;  $t_r = 3,0$ ;  $t = 2,0$ ;  $P = 0,95$ ;  $n = 48$ ).

Коррелятивной зависимости между концентрацией подвижного бора и его валовым количеством в исследованной выборке почв (подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные, лугово-черноземные и черноземы) не выявлено.

## ЛЕСНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

### Бор в почвах

Почвенный покров лесных ландшафтов представлен почвами автоморфного и гидроморфного рядов развития. Автоморфные почвы, главным образом подзолистого типа, в Северной Барабе занимают только хорошо дренируемые приречные участки. На обширных же водораздельных пространствах развиваются почвы гидроморфного ряда — луговые и болотные.

На Салаире и террасах Оби, напротив, почвы подзолистого типа господствуют. Луговые же и болотные почвы занимают здесь небольшие площади по долинам рек, ручьев, склонам и днищам балок.

Подзолистые и дерново-подзолистые почвы Северной Барабы развиваются на карбонатных суглинках, содержащих в среднем  $44 \pm 4,7$  мг/кг валового бора (табл.2). Сами почвы имеют почти такое же количество элемента, что и почвообразующие породы.

Таблица (table) 2

Вариационно-статистические показатели содержаний валового бора в подзолистых и дерново-подзолистых почвах Северной Барабы

Variation and statistical data of total boron content in podzolic and soddy-podzolic soils of North Baraba

Горизонт (Horizon)	n	$M \pm m$ , мг/кг (mg/kg)	$V \pm m_v$ , %	$t_D$ x)	t (for) mm P= =0,95
A <sub>0</sub>	2	38,4 $\pm$ 1,4	5,1 $\pm$ 2,5	2,3	12,7
A <sub>1</sub>	1	48,1	-	-	-
A <sub>2</sub>	3	40,1 $\pm$ 0,3	3,2 $\pm$ 1,3	0,9	4,3
B	3	44,4 $\pm$ 4,0	15,1 $\pm$ 6,3		
BC	3	43,0 $\pm$ 5,0	15,0 $\pm$ 6,2		
C	3	44,4 $\pm$ 4,7	18,0 $\pm$ 7,5		

x) Достоверность различий между содержанием бора в горизонтах A<sub>0</sub> и A<sub>2</sub> и породе (C).

В содержании бора по горизонтам данных почв наблюдается некоторое различие. Меньшее количество и небольшое варьирование валового бора свойственно лесной подстилке и горизонту A<sub>2</sub> (см. табл.2). В иллювиальном же горизонте валовое содержание элемента увеличивается. Одновременно возрастает здесь и его варьирование. Однако отмеченное различие не подтверждается статистически ( $t_D < t$ ; табл.2). Результаты вариационно-статистической обработки свидетельствуют о равномерном распределении элемента по всему профилю подзолистых и дерново-подзолистых почв. Такое распределение бора, по-видимому, объясняется нахождением элемента в структуре первичных боросодержащих минералов типа турмалина, устойчивых к выветриванию и воздействию почвообразовательного процесса (Александров, Барсуков, Щербина, 1968).

Содержание подвижного бора в подзолистых и дерново-подзолистых почвах невелико и составляет небольшую долю (0,3-1,9%) валового количества (табл.3). В распределении подвижного бора в профиле изученных почв намечается некоторая закономерность - повышенные количества элемента находятся в подстилке и перег-

Таблица (table) 3

Содержание подвижного бора в подзолистых и дерново-  
подзолистых почвах Северной Барабы

The available boron content in podzolic and soddy-  
-podzolic soils of North Baraba

Горизонт (Horizon)	Глубина, см (Depth, cm)	Подвижный В (Available), В мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от валового (Available of total B, %)	Горизонт (Horizon)	Глубина, см (Depth, cm)	Подвижный В (Available), В мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от валового (Available of total B, %)
Р а з р е з - 451. Подзоли- стая (podzolic soil)				Р а з р е з - 457. Дерново- сильноподзолистая (soddy- -podzolic soil)			
A <sub>0</sub>	0-6	4,1	11,0	A <sub>1</sub>	0-17	0,7	1,6
A <sub>2</sub>	7-17	0,2	0,5	A <sub>2</sub>	17-27	0,4	1,0
A <sub>2</sub> B	23-33	0,5	1,1	A <sub>2</sub> B	30-40	0,6	1,1
B	52-62	0,5	1,0	B <sub>1</sub>	50-60	0,4	0,7
BC	97-107	0,7	1,9	B <sub>2</sub>	70-80	0,4	0,7
C <sub>1</sub>	123-133	0,5	1,5	C <sub>1</sub>	120-130	0,2	0,3
C	204-214	0,6	1,5	C <sub>2</sub>	202-212	0,6	1,1

нойно-аккумулятивном горизонте, пониженное - в горизонте A<sub>2</sub> (элювиальном), отличающимся по В.В.Пономаревой (1964), наибольшей степенью промывости. В иллювиальном горизонте в целом содержание подвижных форм элемента несколько больше, чем в горизонте A<sub>2</sub> (табл.3).

Повышенное количество подвижного бора в подстилке и гумусовом горизонте, вероятнее всего, связано с содержанием элемента в органическом веществе, с которым бор образует непрочные связи и при минерализации которого легко высвобождается.

Многие исследователи (Berger, 1949; Mitchell, 1955; Лейве, 1961; Каталимов, 1965) считают, что в почвах гумидных районов (к которым можно отнести и север Барабы) подвижный бор имеет органическое происхождение. При определении подвижного бора

путем экстракции его горячей водой, видимо, больше бора освобождается из непрочносвязанных борорганических соединений, чем из минеральных структур.

Мы полагаем, что именно этим обстоятельством объясняется то высокое содержание бора, которое было найдено в юдстилке и горизонте  $A_1$ .

На Салаирском кряже под пологом черневой тайги развиваются дерново-глубокоподзоленные почвы. Материнскими породами здесь служат лессовидные суглинки тяжелого механического состава, обычно карбонатные. Средняя концентрация бора в почвообразующих породах Салаира равна  $46 \pm 2,6$  мг/кг, в почвенной толще (до глубины 80-120 см) она того же порядка.

Высокий уровень валового бора и в породах и почвах обусловлен, видимо, их тяжелым механическим составом и в частности наличием значительного количества илистых частиц (Ильин, 1966).

Пестрота содержания валового содержания элемента и в почвенной толще, и в породах невысокая и равна  $7,1 \pm 1,8\%$  и  $9,5 \pm 4\%$  соответственно (табл.4).

Таблица (table) 4

Вариационно-статистические показатели содержания валового бора в дерново-глубокоподзоленных почвах Салаирского кряжа

Variation and statistical data of total boron content in the soddy-deeaplypodzolized soils of the Salair mountain-ridge

Горизонт (Horizon)	n	$M \pm m,$ мг/кг (mg/kg)	$V \pm m_v,$ %
$A_1 - B$	10	$46 \pm 1,1$	$7,1 \pm 1,8$
C	3	$46 \pm 2,1$	$9,5 \pm 4,0$

Распределение валового бора по генетическим горизонтам дерново-глубокоподзоленных почв также мало дифференцировано, как и в описанных выше автоморфных подзолистых и дерново-подзолистых почвах лесных ландшафтов Северной Барабы. В профиле дерново-глубокоподзоленной почвы оно носит нормальный характер, о чем свидетельствуют показатели  $\chi^2$  и  $A (\chi^2_{\text{эмпир}} < \chi^2_{\text{станд.}};$

A - достоверно при  $t_A \geq 3$ ; табл.5).

Таблица (table) 5

Показатели фактического и теоретического нормального распределения содержаний валового бора в дерново-глубокоподзоленной почве Салаирского края

Data of actual and theoretical normal distribution of total boron content in soddy-deeaply podzolized soils of the Salair mountain ridge

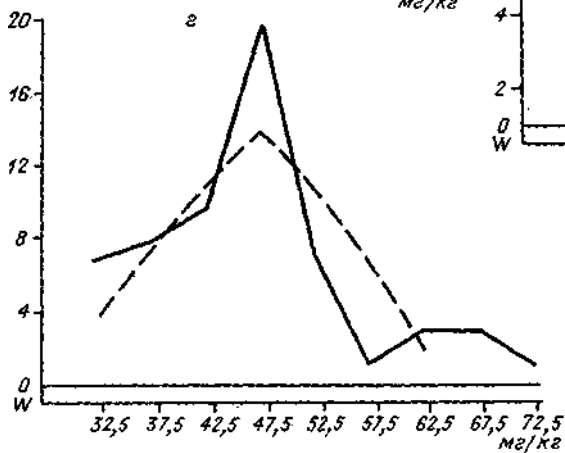
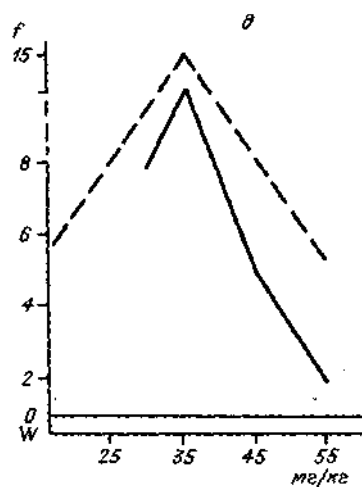
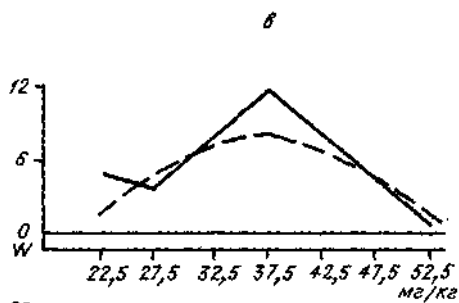
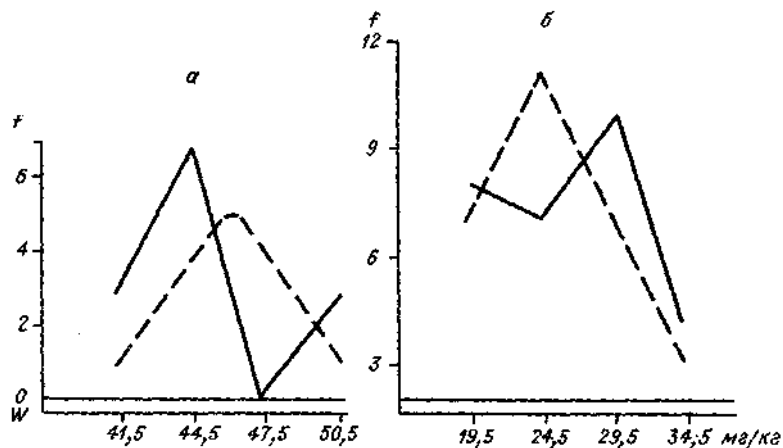
n	$\bar{x} \pm m$	$\pm \sigma$	$\chi^2$	$\chi^2$	$\sqrt{\phantom{x}}$	A	$t_A$	P
	мг/кг (mg/kg)		эмпирич. act.	станд. theoret.				
13	46,0 $\pm$ 1,4	3,3	11,4	13,08	2	0,4	0,9	0,95

На рис.1а изображены частоты содержаний валового бора в дерново-глубокоподзоленной почве. Прогиб кривой фактического распределения на этом рисунке, мы полагаем, объясняется малочисленностью выборки.

Таким образом, нормальный характер размещения элемента по генетическим горизонтам дерново-глубокоподзоленной почвы подтверждает правомочность вычисления среднеарифметических величин и связанных с ними других статистических показателей.

Количество подвижного бора в дерново - глубокоподзоленных почвах Салаира так же, как и в ранее рассмотренных подзолистых и дерново-подзолистых почвах Северной Барабы, составляет очень небольшую долю от его валового содержания (табл.6). Повышенная концентрация подвижной фракции элемента обычно обнаруживается в лесной подстилке ( $A_0$ ). Органические остатки здесь, по-видимому, включают основной резерв содержания подвижного бора.

Почвенный покров террас Оби, а также террас главных ее притоков Ини и Берди представлен дерново-слабоподзолистыми почвами, которые формируются на отложениях тонко- и среднезернистых песков, реже супесей под пологом сосновых боров. Подзолообразовательный процесс в них протекает слабо, что связано с легким механическим составом почвообразующих пород, наличием в них карбонатов, а также влиянием климата окружающей лесостепи. Поэтому характерная черта дерново-слабоподзолистых почв - отсутствие четко оформленных элювиального и иллювиального горизонтов.



— 1  
- - - 2

Таблица (table) 6

Содержание подвижного бора в дерново-глубокоподзоленных почвах Салаирского кряжа

The available boron content in soddy deeply podzolized soils of the Salair mountain ridge

Горизонт (Horizon)	Глубина (Depth), см (cm)	Подвижный (Available) В, мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от валового (Available of total В), %	Горизонт (Horizon)	Глубина (Depth), см (cm)	Подвижный (Available) В, мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от валового (Available of total В), %
Разрез - 6				Разрез - 8			
A <sub>0</sub>	0-3	Не опр. (Undet.)	-	A <sub>0</sub>	0-2	15,0	Не опр. (Undet.)
A <sub>I</sub>	2-10	Следы (Trace)	0,1	A <sub>I</sub>	2-12	0,4	0,9
A <sub>2</sub>	35-45	"	"	A <sub>2</sub>	30-40	0,3	0,6
B	65-75	"	"	B	65-75	0,3	0,6
C	200-210	"	"	C	190-200	0,4	0,9

Среднее содержание валового бора в породах террас равно  $23,6 \pm 2,1$  мг/кг (табл. 7). Причем этот показатель в значительной степени варьирует ( $v = 21,5\%$ ), что связано, видимо, с различием механического состава пород.

Среднее количество бора в почвенном профиле (до глубины 100-120 см), исключая горизонт A<sub>0</sub> - подстилку, близко к среднему содержанию в породе и равно  $25,7 \pm 1,1$  мг/кг. Некоторое различие

Рис. 1. Распределение содержаний валового бора в почвах: а - дерново-глубокоподзоленной, б - дерново-слабоподзолистой, в - в черноземе Барабинской низменности, г - черноземе Присалаирской равнины, д - черноземе южном;

1 - фактическое распределение, 2 - теоретическое.

Fig. 1. Distribution of total boron content in soils: а - soddy-deeply podzolized soil; б - soddy-weakly podzolic soil; в - chernozem of Baraba depression; г - chernozem of Prisa-lair plain; д - southern chernozem.

1 - actual distribution, 2 - theoretical distribution.

этих двух показателей, судя по величине  $t_D$ , недостоверное, и практически концентрации валового бора в почвенной толще и породе равны между собой.

Расчет показателя хи-квадрат ( $\chi^2$ , табл.8) для горизонтов всего почвенного профиля (исключая только  $A_0$  - подстилку) дерново-слабоподзолистых почв указывает на нормальный характер распределения в них валового бора (см.рис. I, б).

Показатель асимметрии оказался недостоверным ( $t_A = 0,5$ ).

Таблица (table) 7

Вариационно-статистические показатели содержаний валового бора в дерново-слабоподзолистых почвах террас Оби

Variation and statistical data of total boron content in soddy weakly podzolic soils of the Ob terraces

Горизонт (Horizon)	n	$M \pm m$ , мг/кг (mg/kg)	$V \pm m_v$ , %	$t_D$	t (for) при P = =0,95
$A_I - B$	24	$25,7 \pm 1,1$	$21 \pm 3,0$		2,1
C	6	$23,6 \pm 2,1$	$22 \pm 6,6$	0,8	2,6

Таблица (table) 8

Показатели фактического и теоретического нормального распределения содержаний валового бора в дерново-слабоподзолистых почвах террас Оби

Data of the actual and theoretical normal distribution of total boron contents in soddy weakly podzolic soils of the Ob terraces

n	$M \pm m$	$\pm \sigma$	$\chi^2$	$\chi^2$	$\sqrt{\phantom{x}}$	$\Lambda$	$t_A$	P
	мг/кг (mg/kg)		эмпирич. act.	теоретич. theoret.				
29	$25 \pm 1$	5,4	2,17	13,08	2	0,24	0,5	0,95

Ломаная линия кривой фактического распределения (см.рис. I, б) объясняется недостатком объема выборки.

Для дерново-слабоподзолистых почв террас долины Оби мы наблюдаем то же недифференцированное распределение валового бора в почвенном профиле, какое мы уже отмечали в подзолистых и дерново-подзолистых почвах Северной Барабы. Наиболее вероятно, что такое распределение бора связано со слабым проявлением подзолообразовательного процесса на песчаных и супесчаных породах.

Содержание бора в подстилке сосновых боров довольно высокое - 28-35 мг/кг. Вероятно, это обусловлено тем, что из-за пе-



Таблица (table) 9

Содержание подвижного бора в дерново-слабоподзолистых  
почвах террас Оби  
Available boron content in the soddy weakly-podzolic  
soils of the Ob terraces

Гори- зонт (Ho- rizon)	Глубина (Depth), см (cm)	Подвиж- ный (Avai- lable) В, мг/кг (mg/kg)	Подвиж- ный В от ва- лового (Avai- lable of to- tal В), %	Гори- зонт (Ho- rizon)	Глубина (Depth), см (cm)	Подвиж- ный (Avai- lable) В, мг/кг (mg/kg)	Подвиж- ный В от ва- лового (Avai- lable of total В), %
Р а з р е з - 4. Терраса Оби (Ob terraces)				Р а з р е з - 56. Терраса Оби (Ob terraces)			
A <sub>0</sub>	0-5	1,80	Не опр. (Undet.)	A <sub>0</sub>	0-6	0,60	2,1
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	5-10	0,10	0,4	A <sub>1</sub>	8-18	0,40	1,1
A <sub>2</sub>	40-50	0,05	0,1	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	30-40	0,30	1,0
A <sub>2</sub>	120-130	Следы (Trace)	0,1	В	85-95	0,30	0,9
С	200-210	"	0,1	BC	175-185	Следы (Trace)	0,1
Р а з р е з - 14. Терраса Оби (Ob terraces)				Р а з р е з - 33. Терраса Берды (Berdye terraces)			
A <sub>0</sub>	0-4	2,60	Не опр. (Undet.)	A <sub>0</sub>	0-2	17,30	Не опр. (Undet.)
A <sub>1</sub>	4-12	0,10	0,4	A <sub>1</sub>	2-10	0,14	0,4
A <sub>2</sub>	32-42	0,05	0,2	A <sub>2</sub>	10-20	0,05	0,1
A <sub>2</sub>	56-60	0,05	0,2	A <sub>2</sub> В	70-80	Следы (Trace)	0,1
С	200-210	0,05	0,2	BC	180-190	"	0,1

риодического дефицита влаги в верхних горизонтах профиля вы-  
свобождение бора из органических остатков идет медленно, поэтому  
надолго задерживается в древесном и травянистом опаде.

Доля подвижного бора в дерново-слабоподзолистых почвах  
очень мала (табл.9). Основные запасы валового бора сосредото-  
чены в минералах, устойчивых к выветриванию, а питание растений,

как можно предполагать, осуществляется главным образом за счет соединений элемента, освобождающихся при минерализации растительного опада.

Из почв гидроморфного ряда развития в лесных ландшафтах нами изучены только луговые и болотные почвы Северной Барабы, которые занимают здесь водораздельные пространства.

Они формируются на карбонатных палево-бурых суглинках и глинах, полностью сохраняя главные черты механического состава породы (Ковалев, Гадашев, 1966). В генетическом профиле этих почв часто заметны черты оподзоливания и осолодения, реже солонцеватости.

По уровню содержания валового бора и характеру его распределения луговые почвы мало отличаются от описанных выше подзолистых и дерново-подзолистых (см. табл. 2, 10). Распределение валового бора в профиле луговых почв Северной Барабы почти равномерное. Близость уровней и характера распределения валового бора в подзолистых, дерново-подзолистых и луговых почвах Северной Барабы, вероятно, связаны с однотипностью петрографического состава почвообразующих пород.

Вследствие этого бор минерального субстрата луговых почв так же, как и исследованных подзолистых и дерново-подзолистых малоподвижен (см. табл. 10). Наиболее высокие количества подвижной фракции элемента найдены в лесных подстилках и перегнойно-аккумулятивном горизонте. В нижележащих горизонтах содержание бора снижается, при этом какой-либо четкой закономерности его распределения не выявлено.

Болотные почвы нами менее изучены. Содержание и распределение бора в них, как это можно видеть на примере разреза 456, иное, чем в рассмотренных выше почвах. Уровень содержания валового бора в минеральном субстрате болотных почв примерно тот же, что и в почвообразующих породах исследованной территории. Количество же валового бора в торфяном горизонте много меньше, концентрация подвижной фракции элемента напротив, высокая (3-9 мг/кг; см. табл. 10).

Распределение валового бора по генетическим горизонтам подзолистых и дерново-подзолистых почв равномерное. Характер этого распределения приближается к кривой Гаусса.

Равномерность распределения валового бора в почвах авто-

Таблица (table) 10

Содержание бора в луговых и болотных почвах  
Северной Барабы  
Boron content in meadow and moor soils of North  
Baraba

Горизонт (Horizon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)		Подвижный В от валового (Available of total B), %
		валовой (total)	подвижный (available)	
Р а з р е з - 454. Луговая оподзоленная (meadow podzolized soil)				
A <sub>0</sub>	0-7	40,7	1,1	3,0
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	12-22	38,9	0,8	0,8
B	50-66	38,9	0,9	2,3
BC	100-110	40,7	0,1	0,2
C	200-210	38,0	0,3	0,6
Р а з р е з - 458. Черноземно-луговая (chernozemic-meadow soil)				
A <sub>0</sub>	0-4	47,3	0,5	1,0
A	4-14	48,9	0,8	1,6
AB	24-34	47,9	0,4	0,4
B	45-55	53,7	He опр. (Undet.)	-
BC	90-100	40,7	0,5	1,2
C	165-175	56,2	0,5	0,9
Р а з р е з - 456. Торфяник маломощный (minor peatland)				
A <sub>T</sub>	0-10	He опр. (Undet.)	9,0	He опр. (Undet.)
A <sub>T</sub>	30-40	10,0	3,0	30,0
A <sub>T</sub>	52-62	34,7	0,5	1,4
C	100-110	39,7	0,5	1,2

морфного ряда развития лесных ландшафтов и его малая подвижность, очевидно, объясняются устойчивостью в коре выветривания борсодержащих минералов почвенного субстрата, а также химической особенностью элемента, его свойством в природных растворах находиться в форме борной кислоты  $H_3BO_3$ , легкоподвижной, но инертной в химических реакциях. Кислые условия среды и промывной тип водного режима почв лесных ландшафтов не способствуют прочности комплексных соединений борной кислоты с органическими и минеральными компонентами продуктов почвообразовательного процесса. Освобожденный в процессе минерализации органического вещества бор легко мигрирует вниз по почвенному профилю и за его пределы вплоть до грунтовых вод, исключая то количество, которое закрепляется биогенной аккумуляцией.

### Бор в растениях

В зависимости от систематической принадлежности, условий произрастания, стадий развития растения накапливают различное количество бора. Меньше всего его нами было найдено в злаках и осоках (2-4 мг/кг), больше всего - в бобовых растениях (20-40 мг/кг). Высокостебельным растениям разных семейств: бодяку, осоку, золотарнику (сем. сложноцветных), Иван-чаю (сем. кипрейных), борцу (сем. лютиковых) и другим также свойственно высокое содержание элемента (табл. II).

По А.И.Перельману, бор относится к элементам сильного биологического поглощения, что подтверждается и нашими исследованиями.

Неодинаковый уровень содержания элемента в растениях, о чем было сказано выше, находит отражение и в контрастности величин коэффициентов биологического поглощения для растений лесных ландшафтов (табл. I2).

Несмотря на то, что общее количество бора в почвах террас Оби много меньше, чем в почвах Северной Барабы и Салаирского края, растения накапливают то количество этого элемента, которое характерно для них (см. табл. I3). Это подтверждают данные А.П.Виноградова (1952), М.В.Каталимова (1965), В.Б.Ильина (1964), Д.В.Григорьевой (1967) и ряда других исследователей, свидетельствующие о том, что каждый вид растений обладает своим постоянным уровнем содержания элементов.

Таблица (table) 11

Содержание бора в некоторых культурных и дикорастущих  
растениях Северной Барабы  
Boron content in some cultivated and wild plants of  
North Baraba

Растение (Plant)	B, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	B, мг/кг (mg/kg)
Р а з р е з - 451. Почва - подзолистая (podzolic soil)			
Пшеница (Weat)		Шиповник (Rosa	
зерно	7,0	cinnaomoea)	
солома	4,0	ягоды	26,0
Клевер красный (Trifo-		листья	41,0
lium pratense)		ветви (без	
цветки	33,7	листьев)	125,0
стебли	21,0	корни	15,0
корни	23,7	Ива козья (Salix	
Клевер ползучий (Tri-		cinerea)	
folium repens)		листья	36,0
надземная		кора	20,0
часть	21,5	древесина	4,0
Костяника (Rubus саха-		Лиственница сибирская	
tills)		(Larix sibirica)	
ягоды	27,5	хвоя	22,5
стебли	44,0	кора	8,0
корни	22,0	древесина	6,0
Брусника (Vaccinium vi-		Оси́на (Populus tre-	
tis idaea)		mula)	
надземная		листья	65,0
часть	15,0	кора	22,5
		древесина	9,0
Р а з р е з - 453. Почва - подзолистая (podzolic soil)			
Золотарник обыкно-		Малина (Rubus ida-	
венный (Solidago		edus)	
virga aurea)		листья	49,2
надземная		кора	20,0
часть	46,7	древесина	7,5
корни	20,0		

Таблица II (продолжение)  
Continuation of table 11

Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)
Осина ( <i>Populus tremula</i> )		Береза бородавчатая ( <i>Betula verrucosa</i> )	
листья	46,7	листья	23,8
кора	21,7	кора	18,7
		древесина	
		Хвощ ( <i>Equisetum arvense</i> )	
		надземная часть	18,7
		корни	9,0
Р а з р е з - 455. Почва - лугово-черноземная (meadow chernozemic soil)			
Пшеница (Wheat)		Малина ( <i>Rubus idaea</i> )	
надземная часть	4,0	листья	65,0
Конопля (Hemp)		ветви	17,5
надземная часть	47,5	Бодяк разнолистный ( <i>Cirsium heterophyllum</i> )	
корни	17,5	надземная часть	18,7
Кукуруза (Corn)		корни	9,0
надземная часть	5,0		
Р а з р е з - 450. Почва - черноземно-луговая (chernozemic-meadow soil)			
Пшеница (Wheat)		Костяника ( <i>Rubus saxatilis</i> )	
зерно	3,0	надземная часть	45,0
солома	2,0	корни	17,5
Лен (Flax)		Борец ( <i>Aconitum excelsum</i> )	
семена	20,0	надземная часть	31,5
солома	10,0	корни	8,0
корни	6,0		
Горошек мышиный ( <i>Vicia cracca</i> )			
надземная часть	22,5		
корни	17,5		

Таблица II (продолжение)  
Continuation of table 11

Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)
Иван-чай ( <i>Chamaeneri- um angustifolia</i> )		Чина луговая ( <i>Lathy- rus pratensis</i> )	
надземная часть	18,7	надземная часть	20,0
корни	9,0	Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratense</i> )	
		колоски	6,0
		корни	2,0
Р а з р е з - 454. Почва - луговая оподзоленная (meadow podzolized soil)			
Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratense</i> )		Береза бородавчатая ( <i>Betula verrucosa</i> )	
надземная часть	3,5	листья	58,5
корни	3,0	древесина	4,0
Вейник шилоцветный ( <i>Calamagrostis epi- geios</i> )			
надземная часть	2,0		
Р а з р е з - 452. Почва - торфяно-болотная (peat boggy soil)			
Тростник ( <i>Phragmites communis</i> )		Мхи ( <i>Sphagnum</i> )	4,5
надземная часть	5,5	Сосна ( <i>Pinus silves- tris</i> )	
корни	4,0	хвоя	17,5
		кора	15,5
Голубика ( <i>Vaccinium uliginosum</i> )		древесина	8,0
листья	28,5		
стебли	18,7		
корни	5,0		

Таблица II (окончание)  
Termination of table 11

Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)
Р а з р е з - 456. Почва - торфяник (peatland)			
Щучка ( <i>Deshampsia caespitosa</i> )		Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> )	
надземная часть	5,5	листья	45,0
Лабазник вязолистный ( <i>Filipendula ulmaria</i> )		кора	9,0
надземная часть	20,0	древесина	2,0
Осока дернистая ( <i>Carex caespitosa</i> )		Ива козья ( <i>Salix caprea</i> )	
надземная часть	2,0	листья	45,0
		кора	9,0
		древесина	2,0

Количество бора в органах растений различное. Особенно это ярко выражено у древесных пород и кустарников (табл. I4). В листьях, хвое отмечено самое высокое содержание бора, значи-тельно меньше его в коре и древесине. Выявленная топография микроэлемента, по нашему мнению, подчеркивает важную физиологи-ческую роль, которую он играет в процессе фотосинтеза в расте-ний.

#### Бор в поверхностных и почвенно-грунтовых водах

Результаты анализа поверхностных и грунтовых вод (табл. I5) показали, что концентрация бора в них небольшая. В грунтовых водах и водах из болот Северной Барабы содержится 0,03-0,08мг/л бора. Несколько больше найдено бора в речных водах, особенно в верховьях рек Уй и Майзас, дренирующих приречные участки, за-нятые автономными ландшафтами.

Абсолютное содержание бора в водах рек Салаира также мало. Однако его относительное количество в сухом остатке представл-ет значительную величину ( $12 \cdot 10^{-2}$  -  $1,3 \cdot 10^{-2}\%$ ; см. табл. I5).

Из почв лесной зоны, как правило кислых и хорошо увлажнен-ных, свободный бор легко вымывается. Коэффициент его водной



Таблица (table) 12

Коэффициенты биологического поглощения бора для  
некоторых растений лесных ландшафтов  
Coefficients of biological boron absorption for  
some plants of forest landscapes

Растение (Plant)	Зола (ash), %		В в чистой золе (in pu- re ash)	В в почвооб- разующей породе (in pa- rent ma- terial)	КБП (Coeffi- cient of biologi- cal boron absorpti- on)
	сырая (raw)	чистая (pure)			
СЕВЕРНАЯ БАРАБА (NORTH BARABA)					
Р а з р е з - 451. Почва - подзолистая (podzolic soil)					
Клевер красный (Trifolium pratense)	7,1	4,6	0,043	0,004	10,7
Р а з р е з - 450. Почва - черноземно-луговая (chernozem- mic meadow soil)					
Клевер красный (Trifolium pratense)	7,1	6,2	0,064	0,004	16,0
Р а з р е з - 454. Почва - луговая оподзоленная (meadow podzolized soil)					
Горошек мышиный (Vicia cracca)	7,2	4,3	0,046	0,004	11,2
Р а з р е з - 452. Почва - торфяно-болотная (peat boggy soil)					
Сфагновый мох (Sphagnum)	5,7	5,2	0,009	0,004	2,2
Р а з р е з - 456. Почва - торфяник маломощный (minor peatland)					
Сфагновый мох (Sphagnum)	4,5	3,7	0,013	0,004	3,2
Р а з р е з - 459. Почва - торфяник маломощный (minor peatland)					
Зеленый мох (Green moss)	10,0	9,0	0,003	0,004	0,8

Таблица 12 (окончание)  
Termination of table 12

I	2	3	4	5	6
ТЕРРАСЫ ОБИ (TERRACES OF OB)					
Р а з р е з - 53. Почва - дерново-слабоподзолистая (soddy weakly-podzolic soil)					
Клевер красный (Tri- folium pratense)	6,8	4,3	0,062	0,062	31,0
САЛАИРСКИЙ КРЯЖ (SALAIR MOUNTAIN-RIDGE)					
Р а з р е з - 6. Почва - дерново-глубокоподзоленная (soddy-deerply podzolized soil)					
Горошек мышинный (Vi- cia cracca)	8,2	7,6	0,042	0,005	8,4
Р а з р е з - 430. Почва - дерново-глубокоподзоленная (soddy-deerply podzolized soil)					
Борщевик (Heracleum dissectum)	10,1	3,5	0,28	0,005	56,0

миграции ( $K_B$ ) для Северной Барабы равен 14, а для Салаирского кряжа - 20. По величине этого коэффициента бор приближается к таким сильным, по А.И.Перельману (1966), мигрантам, как Cl, J, S, Br, Mg, Ca, Na.

Мы уже отмечали, что борсодержащие минералы устойчивы к внешним воздействиям, поэтому большее количество бора, поступающего в поверхностные и грунтовые воды, видимо, имеет органическое происхождение.

Вследствие повышенного увлажнения, а также выноса элемента с внешним стоком, особенно сильным в условиях расчлененного рельефа Салаира, концентрирования бора в водах лесной зоны не происходит. Этим, видимо, и объясняется его низкое содержание здесь.

Таблица (table) 13

Содержание бора в некоторых растениях террас Обя  
 Boron content in some plants of the Ob terraces

Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)
Р а з р е з - 4. Почва - дерново-слабоподзолистая (soddy weakly-podzolic soil)			
Сосна (Pinus silvestris)			
хвоя	15,0		
кора	15,0	Хвощ (Equisetum arvense)	
древесина	4,5	надземная часть	30,0
Береза (Betula verrucosa)			
листья	28,7		
кора	20,0		
древесина	1,0		
Р а з р е з - 56. Почва - дерново-слабоподзолистая (soddy weakly-podzolic soil)			
Кедр (Pinus sibirica)			
хвоя	5,0		
кора	10,0	Хвощ (Equisetum arvense)	
древесина	3,0	надземная часть	30,0
Ель (Picea obovata)			
хвоя	12,6		
кора	12,5		
древесина	3,0		
Р а з р е з - 43. Почва - дерново-слабоподзолистая (soddy weakly-podzolic soil)			
Душица обыкновенная (Origanum vulgare)		Лабазник шестилепестный (Filipendula hexapetala)	
надземная часть	42,5	надземная часть	47,5
Кровохлебка лекарственная (Sanguisorba officinalis)		Овсяница луговая (Festuca pratense)	
надземная часть	22,5	надземная часть	4,0

Таблица 13 (окончание)  
Termination of table 13

Растение (Plant)	B, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	B, мг/кг (mg/kg)
Р а з р е з - 53. Почва - дерново-слабоподзолистая (soddy weakly-podzolic soil)			
Береза бородавчатая (Betula verrucosa)		Тысячелистник (Achil- la millefolium)	
листья	25,0	надземная	
древесина	9,0	часть	37,5
Пырей ползучий (Agropy- rum repens)		Мятлик луговой (Poa pratensis)	
надземная		надземная	
часть	7,0	часть	2,5
Клевер красный (Trifo- lium pratense)			
надземная			
часть	27,5		

Таблица (table) 14

Содержание бора в некоторых растениях Салаирского кряжа  
Boron content in some plants of Salair mountain-ridge

Р а з р е з - 6. Почва - дерново-глубокоподзоленная  
(soddy-deeply podzolized soil)

Пихта сибирская (Abies sibirica)		Лабазник вязолистный (Filipendula ulmaria)	
хвоя	30,0	надземная	
кора	27,5	часть	100,0
древесина	8,5	Береза бородавчатая (Betula verrucosa)	
Рябина сибирская (Sorbus sibirica)		листья	33,7
листья	40,0	кора	9,5
кора	35,7	древесина	9,0
древесина	17,5	Калина (Viburnum opulus)	
плоды	28,8	листья	52,5
		кора	12,5
		древесина	6,5
		плоды	15,0

Таблица 14 (окончание)  
Termination of table 14

Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)
Палоротник ( <i>Struthiopteris filicastrum</i> ) надземная часть	32,5	Борщевик рассеченный ( <i>Hieracium dissectum</i> ) листья	97,5
Смородина красная ( <i>Ribes hispidulum</i> ) листья	56,7	стебли	23,7
кора	12,5	Горошек мышиный ( <i>Vicia cracca</i> ) надземная часть	32,5
ягоды	13,7		
Володушка золотистая ( <i>Vulpurum sibirica</i> )			
Р а з р е з - 8. Почва - дерново-глубокоподзоленная (soddy-deeply podzolized soil)			
Смородина черная ( <i>Ribes nigrum</i> ) листья	45,0	Мятлик луговой ( <i>Poa pratensis</i> ) надземная часть	3,0
кора	40,0		
древесина	12,5	Василистник простой ( <i>Thalictrum simplex</i> ) надземная часть	32,5
Малина лесная ( <i>Rubus idaeus</i> ) листья	57,5		
древесина	12,5	Ежа сборная ( <i>Dactylis glomerata</i> ) надземная часть	2,0

Таблица (table) 15  
Содержание бора в поверхностных и почвенно-грунтовых  
водах лесных ландшафтов  
Boron content in surface and phreatic waters

Место взятия пробы (Place of sampling)	Сухой остаток (dry re- sidue), г/л (g per l)	pH	В		Кв (Coeffi- cient of water migrati- on of boron)
			мг/л (mg per l)	в сухом остатке (in dry residue), %	
СЕВЕРНАЯ БАРАБА (NORTH BARABA)					
Р. Чека у д. Гавриловка	1,15	7,0	0,07	$6,5 \cdot 10^{-5}$	14
Р. Майзас у д. Старый Майзас .....	0,94	6,0	0,11	$1,1 \cdot 10^{-4}$	
Р. Майзас, д. Пустова- ловка .....	0,46	Не опр. (Undet.)	0,20	$4,3 \cdot 10^{-4}$	
Ручей в верховьях р. Уй	1,10	6,0	0,15	$1,3 \cdot 10^{-4}$	
Р. Уй у с. Шастинской	0,36	6,5	0,20	$5,5 \cdot 10^{-4}$	
Колодец, с. Березовка	0,79	6,5	0,08	$1,1 \cdot 10^{-4}$	
Р. Омь у г. Куйбышева	1,19	6,0	0,11	$9,2 \cdot 10^{-5}$	
Разрез 452 .....	0,33	Не опр.	0,04	$1,2 \cdot 10^{-4}$	
Разрез 456 .....	0,41	(Undet.)	0,03	$7,3 \cdot 10^{-5}$	
САЛАИРСКИЙ КРЯЖ (SALAIR MOUNTAIN RIDGE)					
Р. Дражны-Тайлы, с. Но- торово .....	0,31	5,0	0,05	$1,3 \cdot 10^{-2}$	20
Р. Чем .....	0,10	5,0	0,12	$12 \cdot 10^{-1}$	
Р. Ик (устье) .....	0,10	6,5	0,04	$4 \cdot 10^{-2}$	
Р. Ик (верховье) .....	0,38	6,5	0,02	$5,2 \cdot 10^{-2}$	
Р. Изырак (верховье) ..	0,19	7,0	0,04	$2,1 \cdot 10^{-2}$	
Р. Изырак (устье) ....	0,20	6,5	0,04	$2 \cdot 10^{-2}$	
Р. М. Изылы .....	0,11	6,5	0,08	$7,3 \cdot 10^{-2}$	

Примечание: За содержание бора в породах принят кларк литосферы  $1,2 \cdot 10^{-3}$  (Виноградов, 1957).

## В ы в о д ы

1. Почвы наследуют уровень содержания бора материнских пород. Наибольшее количество валового бора находится в глинистых, тяжелосуглинистых почвах Салаирского края, наименьшее - в песчаных почвах террас Оби.

2. Распределение элемента по генетическим горизонтам профиля автоморфных почв лесных ландшафтов почти равномерное. Характер этого распределения близок к кривой Гаусса.

3. Бор минерального субстрата в изученных почвах мало подвижен.

4. Подвижные формы бора, по-видимому, имеют органическое происхождение и образуются в процессе минерализации органического вещества почвы.

5. Природные условия лесных ландшафтов способствуют интенсивному вымыванию подвижного бора из корнеобитаемого слоя, вследствие чего в автоморфных подзолистых и дерново-подзолистых почвах возможны периоды с недостаточным для питания растений количеством элемента.

## ЛЕСОСТЕПНЫЕ И СТЕПНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

### Бор в почвах

**Черноземы.** Наибольшее распространение в пределах лесостепной части Барабинской низменности получили черноземы выщелоченные и солонцеватые, а на Присалаирской равнине - черноземы оподзоленные и выщелоченные.

По содержанию валового бора они различаются. Эти различия главным образом обусловлены неодинаковым уровнем содержания элемента в почвообразующих породах.

Среднее содержание бора в лессовидных суглинках Барабы равно  $39 \pm 4,2$  мг/кг (табл. I6). Пестрота ( $v$ ) содержания элемента при этом довольно большая. Обнаруженные значительные колебания в содержании валового бора, по-видимому, вызваны разнообразием механического состава почвообразующих пород, который, по данным В.П. Панфилова (1964), может варьировать от легких до средних и тяжелых суглинков.

Перегнойно-аккумулятивные горизонты черноземов Барабы по количеству валового бора ( $M=40 \pm 1,4$  мг/кг) не отличаются от почвообразующих пород (см. табл. I6), о чем свидетельствует показатель  $t_D$ , равный 0,2.

Таблица (table) 16

Вариационно-статистические показатели содержаний валового бора в черноземах лесостепной зоны Барабинской низменности и Присалаирской равнины

Variation and statistical data of boron content in chernozems of wooded steppe belt of Baraba depression and Prisa-lair plain

Горизонт (Horizon)	n	$M \pm m,$ мг/кг (mg/kg)	$v \pm m_v,$ %	$t_D$	$t_{\text{при}} P=0,95$
Барабинская низменность (Baraba depression)					
A + AB	10	$40 \pm 1,4$	$11,4 \pm 2,7$	0,2	2,4
C	8	$39 \pm 4,2$	$17,0 \pm 4,2$		
Присалаирская равнина (Prisalair plain)					
A + AB	21	$53 \pm 2,7$	$18,3 \pm 2,8$		
C	11	$45 \pm 2,2$	$20,0 \pm 7,3$	2,0	2,4

Почти равные величины средних арифметических в перегнойно-аккумулятивном горизонте и в почвообразующей породе показывают, что зональные почвы лесостепных ландшафтов Барабы - черноземы наследуют уровень содержания бора, свойственный почвообразующим породам. Процесс почвообразования при этом, видимо, очень мало влияет на перераспределение элемента по горизонтам почвенного профиля.

Надежность полученных средних величин содержания бора в лесовидных суглинках Барабы и черноземах, формирующихся на них, подтверждает характер распределения элемента. Как показали результаты вариационно-статистической обработки аналитических данных, реальное распределение содержаний валового бора в почвенной толще черноземов Барабинской лесостепи близко к теоретическому нормальному (см. рис. I, в), о чем свидетельствует показатель согласия Пирсона ( $\chi^2_{\text{эмпир.}} < \chi^2_{\text{теоретич.}}$ , табл. 17).

Таким образом, для содержания валового бора в черноземах лесостепи Барабы характерно следующее: 1) значительная пестрота концентраций элемента в почвообразующих породах и почвенной толще; 2) недифференцированное распределение микроэлемента по генетическим горизонтам; 3) нормальный характер пространствен-



Таблица (table) 17

Показатели фактического и теоретического нормального распределений содержаний валового бора в черноземах лесостепной зоны Барабинской низменности и Присалаирской равнины

Data of actual and theoretical normal distribution of total boron contents in chernozems of wooded steppe belt of Baraba depression and Frisalaïr plain

n	M $\pm$ m	$\pm \sigma$	$\chi^2$ эмпи- рич. act.	$\chi^2$ теоре- тич. theoret.	$\epsilon$	t	v	P
	мг/кг (mg/kg)							
БАРАБИНСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ (BARABA DEPRESSION)								
36	38 $\pm$ 1,6	10	4,2	11,1	-	-	5	0,95
ПРИСАЛАИРСКАЯ РАВНИНА (FRISALAÏR PLAIN)								
60	47 $\pm$ 1,2	10	14,4	18,5	+2,5	4	7	0,99

ного распределения содержаний валового бора как в почвах, так и в породах.

Среднее содержание валового бора в черноземах Присалаирской равнины (горизонты А+В) равно 53 $\pm$ 2,7 мг/кг, в породах (гор.С) - 45 $\pm$ 2,2 мг/кг (см.табл.16). В отличие от черноземов Барабы здесь наблюдается тенденция увеличения бора в перегнойно-аккумулятивном горизонте, хотя различие между средними показателями для горизонтов А+В и С при принятом уровне вероятности недостоверно ( $t_D < t$ , табл.16). Как почвам, так и породам Присалаирской равнины свойственна большая нестрога содержания бора, о чем свидетельствуют коэффициенты вариации, равные 18 и 20%.

Тенденция к биогенному накоплению бора в перегнойно-аккумулятивном горизонте черноземов Присалаирской равнины, видимо, отражает особенности биологического круговорота элемента в местных лесостепных ландшафтах и предполагает некоторую зависимость содержания валового количества бора в горизонтах А и В от степени их гумусированности. Расчет коэффициента корреляции

показал наличие некоторой связи между этими показателями ( $r = +0,48 \pm 0,22$ ), которая была достоверной при  $P=0,95$  ( $n = 18$ ).

Распределение бора в профиле черноземов Присалаирской равнины следует признать нормальным:  $\chi^2_{\text{факт.}} < \chi^2_{\text{теорет.}}$  (см. табл.17). Однако кривая реального распределения имеет небольшое эксцессивное отклонение (см.рис. 1, г), что является следствием или недостаточного числа определений, или неоднородности выборки. Последнее возможно в большей степени в связи с отмеченной тенденцией к концентрированию бора в гумусовом горизонте черноземов Присалаирской равнины.

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы: 1) черноземам Присалаирской равнины свойственно более высокое, чем черноземам Барабинской низменности, содержание валового бора; 2) распределение элемента по генетическим горизонтам присалаирских черноземов менее равномерное, чем барабинских; в перегнойно-аккумулятивном горизонте черноземов Присалаирской равнины отмечается тенденция к накоплению бора; 3) распределение микроэлемента в толще черноземов и почвообразующих пород аппроксимируется к нормальному, что укрепляет позиции вычисленных средних арифметических величин.

Содержание подвижного бора в черноземах лесостепной зоны различное (табл.18). По полученным нами данным, оно выше в черноземах Барабинской низменности, чем Присалаирской равнины. Среди черноземов наибольшее количество подвижного бора свойственно черноземам солонцеватым.

В отличие от автоморфных подзолистых и дерново-подзолистых почв лесных ландшафтов в черноземах доля подвижного бора в % от валового значительно выше и колеблется от 1 до 9,5%.

Черноземы южные в пределах небольшой части рассматриваемой территории степной зоны (Южная Бараба и Северная Кулунда) являются наиболее распространенным почвенным типом.

Содержание валового бора в южных черноземах подвержено большим колебаниям, что, прежде всего, связано с пестротой механического состава субстрата. Лессовидные суглинки, на которых развиваются южные черноземы содержат  $41 \pm 4,1$  мг/кг бора. Пестрота содержания (v) элемента здесь велика и равна почти 32% (табл. 19).

Таблица (table) 18

Содержание подвижного бора в черноземах лесостепной  
зоны Барабинской низменности и Присалаирской равнины  
Available boron content in chernozems of wooded step-  
pe belt of Baraba depression and Prissalair plain

Гори- зонт (Hori- zon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от ва- лового (Availab- le of to- tal B), %	Гори- зонт (Ho- ri- zon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от ва- лового (Availab- le of to- tal B), %
Барабинская низменность (Bara- ba depression)				Присалаирская равнина (Pri- salair plain)			
Разрез-478. Чернозем выщелочен- ный (leached chernozem)				Разрез-I. Чернозем оподзолен- ный (podzolized chernozem)			
A <sub>пах</sub>	0-22	3,0	8,0	A <sub>пах</sub>	0-10	1,0	2,7
AB	30-40	3,4	9,5	AB	35-45	0,5	1,3
B	50-60	0,8	2,2	B	48-58	0,6	1,7
BC	80-90	2,4	7,4	BC	80-90	0,5	1,4
C	165-175	2,4	7,0	C	113-124	0,6	1,7
Разрез-464. Чернозем солонцева- тый (alkaline chernozem)				Разрез-42. Чернозем выщелочен- ный (leached chernozem)			
A <sub>пах</sub>	0-27	4,4	5,8	A <sub>пах</sub>	0-10	1,4	2,0
AB	35-45	1,1	1,7	AB	23-35	0,7	1,3
B	52-62	7,7	Не опр. (Undet.)	BA	42-52	0,3	0,7
BC	80-90	1,7	2,7	B	66-76	0,1	0,2
C	175-185	3,0	6,8	BC <sub>к</sub>	93-103	0,3	0,5
				C	202-212	0,3	0,7

Средняя концентрация валового бора в гумусовом горизонте -  $33 \pm 2,1$  мг/кг. Вариабельность показателей ( $v$ ), отражающая пестроту содержания элемента в этом горизонте составляет  $20 \pm 4,5\%$ .

Меньшее количество валового бора в перегнойно-аккумулятивном горизонте по сравнению с материнской породой, по-видимому, вызвано обеднением верхних горизонтов почвы илистыми, наиболее обогащенными бором частицами, вследствие сильно развитой здесь ветровой эрозии, а также выносом растворимых боратов поверхно-

Таблица (table) 19

Вариационно-статистические показатели содержаний  
валового бора в черноземах степной зоны южной Ба-  
рабы и Северной Кулунды

Variation and statistical data of total boron con-  
tent in chernozems of steppe belt of South Baraba  
and North Kulunda

Горизонт (Horizon)	n	$M \pm m$ , мг/кг (mg/kg)	$v \pm m_v$ , %	$t_D$	t (for) при $P=$ $=0,95$
A(A <sub>пах</sub> ) + AB	10	33 $\pm$ 2,1	20,0 $\pm$ 4,5		
C <sub>к</sub>	10	41 $\pm$ 4,1	31,7 $\pm$ 7,1	1,7	2,3

стным стоком, который (сток), по К.П.Горшенину (1955), в со-  
временную эпоху играет ведущую роль в процессах местного пере-  
распределения подвижных элементов в степной зоне.

Однако, вынос бора из верхнего горизонта в южных чернозе-  
мах выражен слабо, поэтому различие между содержаниями элемен-  
та в перегнойно-аккумулятивном горизонте и породе (гор.С) не-  
достоверное ( $t_D < t$  табл., см.табл. 19).

На основании результатов статистической обработки можно  
говорить лишь о тенденции выноса бора из верхней части профиля,  
практически не нарушающей равномерного распределения элемента  
в профиле южного чернозема. Характер этого распределения, как  
оказалось, близок к нормальной функции (см.рис. 1, д), о чем  
свидетельствует критерий согласия Пирсона - хи-квадрат, равный  
4,3, что намного меньше его теоретического значения ( $\chi^2_{теор.} =$   
 $= 9,2$  при  $V = 2$  и  $P=0,95$ ).

Содержание подвижной формы бора в черноземах южных значи-  
тельно меньше, чем в черноземах лесостепи (табл.20). Снижение  
концентрации подвижного бора в данных почвах, по-видимому, яв-  
ляется следствием уменьшения глинистости их минерального суб-  
страта, а также, по-видимому, особенностей местного биологиче-  
ского круговорота веществ.

Как отмечает Н.И.Базилевич (1965), биологический кругово-  
рот веществ в южных черноземах отличается малой емкостью и  
большой скоростью. Исходя из этого, поступление бора в почву с

Таблица (table) 20

Содержание подвижного бора в черноземах степной  
зоны Южной Барабы и Северной Кулунды  
Available boron content in chernozems of steppe belt  
of South Baraba and North Kulunda

Гори- зонТ (Ho- ri- zon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от валово- го (Avai- lable of total B), %	Гори- зонТ (Ho- ri- zon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)	Подвиж- ный В от валового (Avai- lable of total B), %
Разрез-2. Чернозем южный (southern chernozem)				Разрез-225. Чернозем южный (southern chernozem)			
A	0-10	0,5	1,8	A	0-10	0,3	0,7
A	15-25	0,4	1,4	B	20-30	0,3	1,0
B	30-40	0,4	1,5	BC <sub>к</sub>	60-70	0,5	1,3
B <sub>2</sub>	55-65	0,5	2,0	C	120-130	0,7	1,4
BC	70-80	0,4	1,5				
C <sub>к</sub>	100-110	0,5	2,2				

растительным опадом, видимо, невелико. Большая скорость минерализации растительных остатков приводит к быстрому освобождению элемента из биологических структур. Поскольку емкость поглощения в южных черноземах вследствие их легкого механического состава невелика, бор может большей частью находиться в подвижной форме и мигрировать за пределы почвенной толщи.

Из всех изученных почв лесостепных и степных ландшафтов южные черноземы содержат наименьшее количество бора, что связано со снижением глинистости пород и почв Северной Кулунды и Южной Барабы по сравнению с породами и почвами Присалаирской равнины и Центральной Барабы. Большие концентрации подвижной фракции микроэлемента обычно обнаруживаются в перегнойно-аккумулятивном горизонте черноземов.

Серые лесные почвы. В Барабинской лесостепи они представлены серыми осолоделыми почвами, которые занимают небольшие площади на очень высоких гривах, сложенных легкими суглинками. Содержание и распределение бора в этих почвах

мы не изучали. Подробные исследования распределения этого микроэлемента проведены нами в серых лесных почвах Присалаирской равнины. Почвообразующие породы здесь по механическому составу в сильной степени меняются по мере удаления от Салаирского кряжа к долине Оби. В восточной части равнины, непосредственно примыкающей к Салаирскому кряжу, распространены тяжелосуглинистые породы, в западной же ее части в механическом составе пород и почв увеличивается содержание мелкого песка и в целом механический состав становится более легким.

В соответствии с механическим составом меняется и содержание валового бора в серых лесных почвах. Почвы, тяготеющие к долине Оби, имеют меньшее количество бора (табл.21, р.33), чем их аналоги, формирующиеся по территории Салаирского кряжа (см. табл.21, р.13).

Хотя показатель  $t_p$ , равный 0,9, показывает недостоверность различия между содержанием элемента в горизонтах  $A_{пах}$  ( $A_I$ ) и C, однако обеднение бором пахотного и обогащение иллювиального горизонта, по-видимому, в незначительной степени все же происходит (см. табл. 21, pp. 13,33).

Результаты вариационно-статистической обработки анализов показывают, что распределение бора в профиле серых лесных почв приближается к нормальному ( $\chi^2$  эмпир.  $< \chi^2$  станд., табл.22) и в то же время имеет некоторую асимметрию.

Показатель асимметрии ( $A=I$ ) находится на грани достоверного значения ( $t_A = 3$ ) и таким образом указывает лишь на некоторое отклонение эмпирического от теоретического нормального распределения.

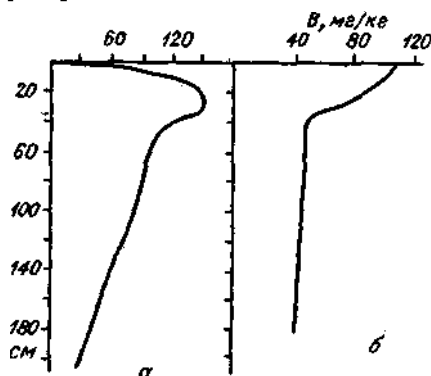


Рис.2. Распределение содержания валового бора в профиле:

а - солонча; б - солончака.

Fig.2. Distribution of total boron content:

а - in solonetz profile;

б - in solonchak profile.

Таблица (table) 21

Содержание валового бора в серых лесных почвах Присалаирской равнины

Total boron content in gray forest soils of Prisalair plain

Горизонт (Horizon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)	Горизонт (Horizon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)
Разрез - 33. Серая оподзолен- ная (gray forest podzolized soil), с.Каинская заимка			Разрез-13. Серая оподзо- ленная (gray forest podzoli- zed soil), с.Карасево		
A <sub>пах</sub>	0-20	30,5	A <sub>пах</sub>	0-10	42,2
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	30-40	30,5	A <sub>2</sub> B	12-26	45,2
A <sub>2</sub> B	40-60	28,2	B <sub>1</sub>	30-40	45,0
B <sub>1</sub>	60-80	29,5	B <sub>2</sub>	103-113	41,7
B <sub>1</sub>	80-100	34,7	C	143-153	45,0
B <sub>2</sub>	140-160	40,7	C	190-200	47,3
C	180-200	33,5			

Таблица (table) 22

Показатели фактического и теоретического нормального распределе-  
ния содержаний валового бора в серых лесных почвах Присалаирской  
равнины

Data actual and theoretical normal distribution of total boron  
content in gray forest soils of Prisalair plain

n	$\bar{m} \pm m$ мг/кг (mg/kg)	$\sigma$	$\chi^2$ эмпирич. act.	$\chi^2$ стандарт. theoret.	A	t <sub>A</sub>	✓	P
58	40 $\pm$ 1,1	8,3	II	II,3	I	3	3	0,99

Проявление косости в эмпирическом распределении содержаний  
валового бора в серых лесных почвах вызвано наличием в выборке  
большого количества показателей, превышающих среднюю арифмети-  
ческую. Появление таких показателей, видимо, является следстви-  
ем перемещения бора в процессе почвообразования из верхних го-  
ризонтов в нижние, где он в некоторой степени концентрируется.  
Это концентрирование элемента создает внутреннюю неоднород-  
ность структуры выборки, поэтому кривые реального распределе-  
ния валового бора по профилю этих почв имеют некоторую степень  
косости (асимметрии). В основном же фактическое распределение  
элемента близко к нормальному, что дает основание вычисленные

средние арифметические величины содержаний валового бора в этих почвах считать достаточно надежными показателями.

Содержание подвижного бора в серых лесных почвах низкое и составляет очень небольшую долю от его валового количества (табл.23). При этом основная часть подвижной фракции, видимо, имеет органическое происхождение, так как бор минерального субстрата почти неподвижен.

Более мобилен бор перегнойно-аккумулятивного горизонта, вследствие чего хорошо гумусированные почвы имеют повышенные концентрации подвижной фракции элемента.

Лугово-черноземные почвы распространены главным образом в лесостепной части Барабы. В зависимости от грунтового и поверхностного увлажнения здесь образуются лугово-черноземные типичные, осолоделые, солонцеватые, солончаковатые почвы. Почвообразующими породами для них служат древне-аллювиальные глины и тяжелые суглинки, которые содержат  $61 \pm 5,7$  мг/кг валового бора (табл.24). Повышенные концентрации элемента в почвообразующих породах обуславливают высокое содержание валового бора и в почвах. Элювиально-аккумулятивный горизонт лугово-черноземных почв в среднем содержит  $52,8 \pm 3,1$  мг/кг валового бора (см. табл.24).

Коэффициенты варьирования имеют значительные величины и подчеркивают большую пестроту концентраций элемента как в почвах, так и в породах.

Распределение валового бора в профиле лугово-черноземных почв неравномерное. В этих почвах явно намечается тенденция выноса бора из элювиально-аккумулятивного горизонта и закрепление его в иллювиальном (табл.25). Особенно это заметно в почвах, где ярко выражены признаки осолоцевания (см.табл.25, pp.242,485).

Обогащение бором иллювиального горизонта лугово-черноземных солонцеватых почв происходит, видимо, как за счет привноса сюда из верхних горизонтов почвенных коллоидов, в состав которых входят гидрослюды, иллит (Базилевич, 1965), содержащие большое количество элемента, так и за счет капиллярно-плечного подпитывания почв засоленными бором грунтовыми водами.

По сравнению с зональными почвами лесостепи - черноземами и серыми лесными - лугово-черноземные почвы содержат большое количество подвижного бора (см. табл. 25). С нашей точки зрения, это вызвано следующим: 1) большим запасом гумуса в этих почвах; 2) периодическим воздействием щелочных ка-



Таблица (table) 23

Содержание подвижного бора в серых лесных  
почвах Присалаирской равнины  
Available boron content in gray forest soils  
of Prisalair plain

Гори- зонт (Ho- ri- zon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от ва- лового (Availab- le of tot- al B), %	Гори- зонт (Ho- ri- zon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от ва- лового (Availab- le of tot- al B), %
Разрез-29. Серая слабопод- золенная (gray forest we- akly-podzolized soil)				Разрез-7. Серая оподзоленная (gray forest podzolized soil)			
A <sub>пах</sub>	0-10	0,30	1,0	A <sub>пах</sub>	0-10	0,6	1,5
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	25-35	0,10	0,4	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	37-47	0,1	0,2
B <sub>1</sub>	40-50	0,5	0,2	B	60-70	0,2	0,4
B <sub>2</sub>	90-100	0,5	0,2	C	200-210	0,5	1,0
C	115-125	0,05	0,2				
C	200-210	0,05	0,2				
Разрез-13. Серая оподзолен- ная (gray forest podzoli- zed soil)				Разрез-44. Темно-серая опод- золенная (dark gray podzo- lized soil)			
A <sub>пах</sub>	0-10	0,20	0,5	A <sub>пах</sub>	0-10	0,9	2,0
A <sub>2</sub> B	12-26	0,05	0,1	A <sub>2</sub> B	35-45	0,4	0,8
B <sub>1</sub>	30-40	0,05	0,1	B <sub>2</sub>	65-75	0,2	0,1
B <sub>2</sub>	103-113	0,05	0,1	C	100-110	0,2	0,5
C	190-200	0,05	0,1	C	210-220	0,2	0,1

пильярно-пленочных растворов на минеральный субстрат, приводя-  
щим к повышению подвижности минеральной части почв и, видимо,  
мобилизующим бор, заключенный в структуре борсодержащих мине-  
ралов или адсорбированный ими; 3) подпитыванием профиля почв  
засоленными грунтовыми водами, содержащими высокие количества  
бора.

Л у г о в ы е почвы развиваются в подчиненных ландшафтах  
лесостепи и занимают пониженные элементы рельефа.

Таблица (table) 24

Вариационно-статистические показатели содержания валового бора в лугово-черноземных почвах лесостепных ландшафтов Барабинской низменности

Variation and statistical data of total boron content in the meadow chernozemic soils of wooded steppe landscapes of Baraba depression

Горизонт (Horizon)	n	$M \pm m$ , мг/кг (mg/kg)	$v \pm m_v$ , %	$t_D$	t (for) при $P=$ =0,95
A+AB	7	$52,8 \pm 3,1$	$15,6 \pm 4,6$		
C	4	$61,0 \pm 5,7$	$19,0 \pm 2,7$	1,4	3,2

Почвообразующие породы луговых почв в Барабе и Северной Кулунде - современные и четвертичные карбонатные отложения глинистого или тяжелосуглинистого механического состава. Среднее содержание валового бора в них равно  $47 \pm 7,7$  мг/кг (табл.26).

В Присалаирской лесостепи и долине Оби луговые почвы формируются на слоистых аллювиальных отложениях, очень неоднородных по гранулометрическому составу. Количество валового бора в этих отложениях высокое -  $45 \pm 3$  мг/кг.

По содержанию валового бора луговые почвы различаются. Большее количество элемента и большее варьирование его содержания свойственны луговым почвам Барабы, меньшее - их аналогам Присалаирской равнины (см.табл.26).

В луговых почвах отмечается тенденция к концентрированию бора в гумусовом горизонте, что может быть как следствием биогенного накопления, так и результатом гидрогенной аккумуляции элемента при испарении капиллярной влаги и поступлении боратов из соседних автономных ландшафтов. Однако концентрация бора в гумусовом горизонте не достигает степени резкого различия с содержанием в породе, о чем свидетельствует показатель  $t_D$  ( $t_D < t$ , см.табл.26).

Для луговых почв характерно высокое содержание подвижного бора по всему профилю (табл.27).

Особенно высокой концентрацией подвижной фракции элемента отличаются луговые почвы Барабинской низменности, что, видимо, обусловлено связью их с засоленными бором грунтовыми водами.

Таблица (table) 25

Распределение бора в лугово-черноземных почвах  
лесостепных ландшафтов Барабинской низменности  
Boron distribution in meadow chernozemic soils  
of wooded steppe landscapes of Baraba depression

Горизонт (Horizon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)		Подвижный В от ва- лового (Available of total B), %
		валовой (total)	ПОДВИЖНЫЙ (available)	

Р а з р е з - 242. Лугово-черноземная солонцеватая (meadow chernozemic alkaline soil)				
A <sub>I</sub>	0-10	60,0	0,6	0,9
B <sub>I</sub>	50-60	70,0	0,8	1,1
BC	70-80	75,0	1,3	1,7
C	110-120	72,1	1,3	1,7
C	140-150	58,8	Не опр. (Undet.)	-

Р а з р е з - 476. Лугово-черноземная типичная (meadow chernozemic typical soil)				
A <sub>пах</sub>	0-27	42,7	2,1	5,0
AB	32-42	47,7	2,7	5,6
B	50-60	40,3	0,8	2,0
C <sub>к</sub>	80-90	45,7	2,0	4,3
C	180-190	47,8	2,1	4,3

Р а з р е з - 485. Лугово-черноземная солонцеватая (meadow chernozemic soil)				
A	0-10	45,7	8,0	17,5
AB	30-40	45,5	5,5	12,0
B	60-70	48,4	6,5	13,4
BC	75-85	54,9	5,4	10,0
C	190-200	60,2	7,7	12,7

Таблица (table) 26

Вариационно-статистические показатели содержания валового бора в луговых почвах лесостепной зоны Барабинской низменности и Присалаирской равнины

Variation and statistical data of total boron content in meadow soils of wooded steppe belt of Baraba depression and Prisalair plain

Горизонт (Horizon)	n	M $\pm$ m, мг/кг (mg/kg)	v $\pm$ m <sub>v</sub> , %	t <sub>D</sub>	t (for) при P= =0,95
БАРАБИНСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ (BARABA DEPRESSION)					
A + AB	9	63 $\pm$ 6,0	27,0 $\pm$ 6,4	1,6	2,8
C	5	47 $\pm$ 7,7	36,0 $\pm$ 3,6		
ПРИСАЛАИРСКАЯ РАВНИНА (PRISALAIR PLAIN)					
A + AB	14	51 $\pm$ 2,4	17,6 $\pm$ 3,5	1,6	4,3
C	3	45 $\pm$ 3,0	11,0 $\pm$ 6,1		

Луговые почвы Присалаирской равнины, питаемые слабоминерализованными грунтовыми водами, с низким содержанием микроэлемента, имеют меньшее количество подвижного бора.

С о л о н ц ы и с о л о н ч а к и в лесостепной части Центральной Барабы, а также в степи Южной Барабы и Северной Кулунды занимают обширные участки межливневых понижений, древних ложин стока, периферию озер и болот, а также пологие склоны грив и водоразделов. В пределах хорошо дренируемой Присалаирской лесостепи солонцы и солончаки встречаются крайне редко.

От всех ранее рассмотренных почв эти почвы отличаются резко различным содержанием валового бора в генетических горизонтах. Среднее содержание валового бора в почвообразующих породах, на которых формируются солонцы, равно 55  $\pm$  4,5 мг/кг (табл. 28). В зависимости от степени засоления и механического состава пород размах отдельных показателей находится в широких пределах, о чем свидетельствует коэффициент вариability валового количества микроэлемента, равный 25,4%.

Уровень содержания бора в верхнем надсолонцовом горизонте близок к концентрации в породах.

Таблица (table) 27

Содержание подвижного бора в луговых почвах лесостепной зоны Барабинской низменности и Присалаирской равнины  
Available boron content in meadow soils of wooded steppe belt of Baraba depression and Prisałair plain

Гори- зонт (Ho- ri- zon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от ва- лового (Available of total B), %	Гори- зонт (Ho- ri- zon)	Глубина (Depth), см (cm)	В, мг/кг (mg/kg)	Подвижный В от ва- лового (Available of total B), %
БАРАБИНСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ (BARABA DEPRESSION)				ПРИСАЛАИРСКАЯ РАВНИНА (PRISALAIR PLAIN)			
Разрез-249. Луговая солон- цеватая (meadow alkaline soil)				Разрез-34. Луговая типичная (meadow typical Soil)			
A	0-10	1,3	2,0	A <sub>пах</sub>	0-10	1,0	1,4
AB	20-30	2,7	3,4	A	20-30	0,6	1,2
B	50-60	2,3	3,0	AB	56-66	1,3	2,6
C	125-135	0,8	1,4	B	85-95	0,5	1,2
				BC	110-120	0,9	2,3

Солонцовый же и особенно подсолонцовый горизонты отличаются общей повышенной концентрацией бора и очень большой вариабельностью его содержания.

Если в описанных ранее полугидроморфных (лугово-черноземных) и гидроморфных (луговых) почвах, имеющих признаки солонцеватости, отмечена лишь тенденция к накоплению бора в почвенном профиле (см.табл. 25, 26), то в солонцах этот процесс выражен уже сильнее. Особенно заметно концентрирование бора в горизонте максимального накопления легкорастворимых солей - B<sub>2</sub> (см.рис.2,а). Разница в содержании бора в этом горизонте высоко достоверна (см.табл.28,  $t_D > t$  ).

Накопление бора в профиле солонцов, по-видимому, является следствием его гидрогенной аккумуляции. Бессточность территории и засушливый климат лесостепной и степной зон способствуют концентрированию мигрирующих боратов в водах депрессий. Связь с

Таблица (table) 28

Вариационно-статистические показатели распределения  
валового бора в солонцах Барабы и Северной Кулунды  
Variation and statistical data of total boron  
distribution in solonchets of Baraba and North  
Kulunda

Горизонт (Horizon)	n	$M \pm m$ , мг/кг (mg/kg)	$v \pm m_v$ , %	$t_D$	t (for) при $P=$ $=0,95$
A <sub>д</sub> -A <sub>I</sub>	11	55 $\pm$ 2,8	17,0 $\pm$ 4,0	1,8	2,3
B	10	70 $\pm$ 7,0	33,0 $\pm$ 7,3		
B <sub>2</sub>	9	81 $\pm$ 10,0	37,0 $\pm$ 9,0	2,4	2,3
C	10	55 $\pm$ 4,3	25,4 $\pm$ 5,5		

засоленными грунтовыми водами ведет, вероятно, к вторичному засолению бором пород и почв. Подобное явление отмечено И.К. Шаховой (1961) на территории Казахстана. Солонцовый же горизонт, обладающий высокой дисперсностью органо-минерального комплекса, высокой емкостью обмена, но низкой водопроницаемостью, служит своеобразным физико-химическим барьером и закрепляет растворимые бораты, поднимающиеся с капиллярными растворами в верхние горизонты почв. Поэтому иллювиальные горизонты солонцов по сравнению с породами содержат большее количество элемента.

Солончаки, как известно, в условиях Барабы и Северной Кулунды образуются над сильно засоленными застойными верховодками, которые также имеют очень высокую степень борного засоления.

В отличие от солонцов наибольшая концентрация бора, как и других легкорастворимых солей, в солончаках приурочена к верхнему слою 0-20 см (см. рис. 2,б). Это связано с особенностями водного режима выпотного типа и отсутствием такого биогеохимического барьера, каким является солонцовый горизонт.

Уровень содержания бора в солончаках в зависимости от степени минерализации верховодок и интенсивности гидрогенной аккумуляции растворимых солей микроэлемента колеблется от 98 до 200 мг/кг. Больше валового бора в болотных солончаках, образовавшихся на месте высохших болот или озер. Меньше бора в солончаках, формирующихся в прибрежной части болот и озер, а также межливневых понижениях.

Постоянная связь с грунтовыми водами, а также поступление мигрирующих боратов из почв автономных ландшафтов обусловили высокое содержание подвижного бора в засоленных почвах. Его количество в надсолонцовом горизонте солонцов колеблется от 0,7 до 4,2 мг/кг. Дерновые горизонты солонцов и верхние горизонты солончаков отличаются очень высокими концентрациями бора (7-21 мг/кг). Постоянно высокие концентрации подвижной формы элемента находятся в солонцовом горизонте (I, I-7,7 мг/кг).

Солоды и осолодевшие почвы встречаются небольшими пятнами в Барабинской лесостепи и прилегающих районах Северной Кулунды.

Содержание валового бора в солодах очень пестрое (табл.29), что связано с различием механического состава пород, на которых они формируются.

Таблица (table) 29

Вариационно-статистические показатели распределения валового бора в солодах Барабы и Северной Кулунды  
Variation and statistical data of total boron distribution in solods of Baraba and North Kulunda

Горизонт (Horizon)	n	$M \pm m$ , мг/кг (mg/kg)	$v \pm m_v$ , %	$t_D$	t (for) при $P =$ $=0,95$
$A_0(A_d)$	3	$66 \pm 14,0$	$63,3 \pm 15,0$	-	-
A	5	$44 \pm 2,8$	$16,0 \pm 5,0$	1,3	2,8
$A_2$	6	$39 \pm 3,1$	$17,0 \pm 4,8$	1,5	2,8
B	6	$45 \pm 5,4$	$29,0 \pm 8,0$	0,7	2,6
$B_2(B_2C)$	5	$46 \pm 6,5$	$32,0 \pm 10,0$	0,6	2,8
C	6	$47 \pm 4,7$	$24,0 \pm 7,0$		

x)  $t_D$  - определяет существенность различий между средними содержаниями валового бора в породе (гор.С) и горизонтах A и  $A_2$ , а также между гор. $A_2$  и B,  $B_2$ ,  $B_2C$ .

Распределение валовых количеств бора по генетическим горизонтам этих почв довольно четко связано с особенностями процесса осолодения. Наибольшее количество бора по средним показателям ( $M=66 \pm 14$  мг/кг, табл.29) находится в подстилке ( $A_0$ ) или задернованном горизонте ( $A_d$ ). Повышенное содержание элемента здесь является, вероятно, следствием малой скорости био-

логического круговорота веществ в лесных ценозах. А так как скорость высвобождения и выщелачивания бора из органических остатков неодинакова, то это, видимо, обуславливает большую вариабильность концентраций элемента.

Вследствие того, что процесс осолодения, видимо, приводит к повышению подвижности бора, адсорбированного или заключенного в решетки минералов, в солодах наблюдается тенденция выноса элемента из аккумулятивно-элювиального и элювиального горизонтов в нижние горизонты профиля (см. табл. 28). Концентрирования бора в этих горизонтах не происходит или происходит, но незначительно. Большая часть бора, перешедшего в подвижное состояние, видимо, выносится за пределы почвенного профиля.

Распределение подвижного бора в профиле солодей в некоторой степени повторяет распределение валового. Высокие концентрации подвижной формы элемента (2,2-4 мг/кг) найдены в подстилках. В аккумулятивно-элювиальном и элювиальном горизонтах содержание подвижной формы наименьшее (от следов до 0,3 мг/кг), но оно вновь резко возрастает (до 0,5-1,3 мг/кг) в нижних горизонтах профиля.

Б о л о т н ы е п о ч в ы занимают наиболее пониженные формы рельефа и завершают цепь интразональных почв, развивающихся в подчиненных ландшафтах лесостепной и степной зон.

В наших исследованиях основное внимание уделено болотным почвам Барабы, где они занимают большие площади, чем в Северной Кулунде и Присалаирье.

Мощность торфа в рассматриваемых почвах различная - от 5-10 до 30-50 см и более. Растительные остатки, слагающие торфяной слой болотных почв, обычно слабогумифицированы. Минеральным субстратом данных почв служат древнеаллювиальные четвертичные глинистые или тяжелосуглинистые отложения, часто значительно засоленные.

Питание болот барабинской лесостепи осуществляется грунтовыми водами и атмосферными осадками. Особенность болотных почв лесостепи - засоленность, которая, с одной стороны, является реликтовой, а с другой, результатом современных почвенно-геохимических процессов. В верхней части профиля болотных почв накапливается до 1,5-2,5% солей (Трофимов, Панин, 1966). Засоленность болотных почв Барабинской лесостепи возрастает с севера и северо-востока к югу и юго-западу вместе с увеличением общей засоленности территории.



Неодинаковое количество аккумулярованного органического материала и различная степень его минерализации, значительное накопление солей и разнообразие почвообразующих пород определили неоднородность распределения бора в болотных почвах.

Для этих почв характерна очень высокая концентрация элемента в торфяном слое ( $M=112 \pm 21,6$  мг/кг, табл.30). Наибольшее количество бора сосредоточено в самой верхней части профиля в слое 0-30 см. Ниже, где торф более минерализован, содержание валового бора много меньше.

Болотные почвы отличаются очень большой пестротой содержания элемента, что подчеркивается высоким коэффициентом варьирования (см.табл.30).

Таблица (table) 30

Вариационно-статистические показатели содержаний валового бора в болотных почвах Центральной и Южной Барабы и Северной Кулунды

Variation and statistical data boron content in moor soil of Centre, South Baraba and North Kulunda

Слой (Layer)	n	$M \pm m$ , мг/кг	$v \pm m_v$ , %	$t_D$	$t$ (for) при $P=0,95$
Торфяной (peat) 0-30 см	10	$112 \pm 21,6$	$61,6 \pm 15,3$	2,7	2,4
Минеральный (mineral) 100-130 см	8	$52 \pm 4,3$	$23,0 \pm 5,6$		

Минеральный субстрат болотных почв содержит валового бора в два раза меньше, чем торфяной слой. Среднее содержание элемента в нем равно  $52 \pm 4,3$  мг/кг. Коэффициент вариabilityности валового бора здесь составляет величину  $23 \pm 5,6\%$  (см.табл.30).

Концентрация бора в торфяном слое достоверно отличается от содержания элемента в минеральном субстрате ( $t_D > t$  табл., см. табл.30).

Достоверное накопление бора в торфяном слое, по-видимому, является результатом очень длительного биогенно- гидрогенного аккумулярования элемента. Бор как легкоподвижный элемент подобно таким сильным мигрантам, как Cl, S, J, Na, Ca, Mg

в больших количествах накапливается в водах подчиненных ландшафтов. Этому способствует бессточность территории и засушливый климат лесостепи Барабы и степи Северной Кулунды, вызывая упаривание растворов и увеличивая их минерализацию. Почвы, которые подпитываются этими водами, естественно, имеют повышенное содержание легкорастворимых солей, в том числе и бора.

В связи с этим в Барабинской лесостепи и Северо-Кулундинской степи четко прослеживается зависимость содержания бора в почвах ландшафтного профиля от тесноты их связи с грунтовыми водами и степени засоления. Количество бора в почвах закономерным образом увеличивается от почв автоморфного ряда, формирующихся на гривах, к почвам гидроморфного ряда, обычно засоленным, развивающимся в межгрибных понижениях (рис.3).

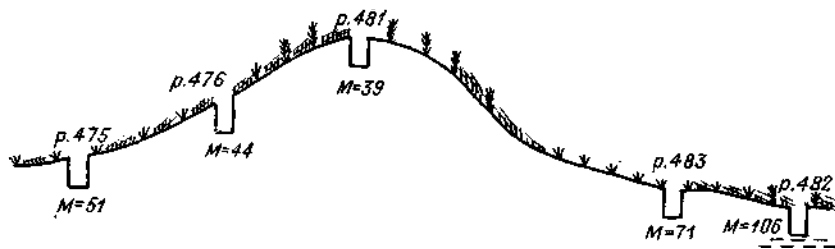


Рис.3. Содержание валового бора в почвах типичного ландшафта Барабинской лесостепи: в солонце (р.475), лугово-черноземной почве (р.476), черноземе выщелоченном (р.481), торфяно-болотной (р.482), солончаке (р.483), М - среднее арифметическое содержание бора (мг/кг) в толще 0-200 см

Fig.3. Total boron content in soils of typical landscape of Baraba wooded steppe: solonetz (p.475); meadow-chnozemic soil (p.476); leached chernozem (p.481); peat boggy soil (p.482); solonchak (p.483); M - average boron content (mg/kg) in layer 0-200 cm

Биогенная аккумуляция бора в верхнем слое болотных почв, по-видимому, выражена слабее, чем гидрогенное накопление, так как гигрофиты (осоки, тростники, некоторые злаковые), составляющие растительную формацию болот, показывают невысокую, как мы увидим далее, интенсивность биологического поглощения элемента.

С этих позиций становится более понятным пониженное содержание бора (41-54 мг/кг) в болотных почвах Присалаирской равнины, питаемых пресными грунтовыми водами с невысокой концентрацией элемента (0,03-0,08 мг/л).

Рассмотрение и сопоставление данных по содержанию бора в почвах лесостепных и степных ландшафтов позволяет сделать следующее заключение.

Особенности геоморфологических, биоклиматических и почвенно-геохимических условий в Барабинской низменности и Кулундинской депрессии вызвали резкое перераспределение бора в почвах ландшафтов и привели к образованию четко выраженной сопряженной цепи почв, различающихся по валовому количеству элемента. Это находит проявление в постепенном увеличении содержания валового бора в почвах по мере нарастания их гидроморфности и засоленности. В таком же порядке идет и увеличение концентрации подвижной фракции бора.

В отличие от лесостепи Барабы и Северной Кулунды в почвенном покрове лесостепных ландшафтов Присалаирской равнины, вследствие хорошей дренированности территории и очень интенсивного выноса элемента за пределы ландшафта, нет четко выраженного перераспределения бора между отдельными типами изученных почв.

**Б о р в р а с т и т е л ь н о с т и.** Растения, произрастающие в лесостепной и степной зонах, имеют самый различный уровень концентрации бора, который главным образом определяется их систематическим положением (табл. 31).

Независимо от условий произрастания высокая концентрация бора свойственна бобовым растениям и представителям других семейств, составляющим богатое разнотравье лесостепи - душице, тысячелистнику, подмареннику, лабазнику, шавелю и др. Содержание бора в этих растениях колеблется от 30 до 60 мг/кг. Культурные и дикорастущие злаки содержат наименьшее количество бора - от следов до 10 мг/кг сухого вещества.

Из сельскохозяйственных культур много накапливают бора гречиха (до 27 мг/кг), лен (до 25 мг/кг в коробочках и до 19 мг/кг в соломе), сахарная свекла, подсолнечник.

Таблица (table) 31

Содержание бора в некоторых культурных и дикорастущих  
растениях лесостепной и степной зоны  
Boron content in some cultivated and wild plants of  
wooded steppe belt and steppe belt

Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)
ПРИСАЛАЙРСКАЯ РАВНИНА (PRISALAIR PLAIN)			
Почва - чернозем (chernozem)			
Пшеница (Wheat)		Тимофеевка степная ( <i>Phleum phleoides</i> )	
зерно	7,6	надземная часть	10,0
солома	2,4	Гречишка ( <i>Polygonum</i> )	
Овес (Oat)		стебли	27,0
зерно	5,1	Лен ( <i>Flax</i> )	
солома	3,0	семена	25,0
Просо (Millet)		солома	19,0
зерно	1,0	Душица обыкновенная ( <i>Origanum vulgare</i> )	
солома	12,5	надземная часть	25,0
Горох (Pea)		Пырей ползучий ( <i>Agro-</i> <i>prium repens</i> )	
листья	25,9	надземная часть	7,0
стебли	9,0	Овсяг ( <i>Avena fatua</i> )	
Люцерна степная ( <i>Medi-</i> <i>sago falcata</i> )		надземная часть	10,0
надземная часть	32,0	Лисохвост луговой ( <i>Alopecurus pratensis</i> )	
Горошек мышиный ( <i>Vicia</i> <i>cracca</i> )		надземная часть	1,0
надземная часть	32,5	Тысячелистник хрящеватый ( <i>Achillea millefolium</i> )	
Ячмень (Barley)		надземная часть	25,0
зерно	7,0		
солома	11,7		
Кукуруза (Corn)			
стебли	10,0		

Таблица 31 (продолжение)  
Continuation of table 31

Растение (Plant)	B, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	B, мг/кг (mg/kg)
Подмаренник обыкновен- ный ( <i>Galium verum</i> ) надземная часть	30,0	Осот полевой ( <i>Sonchus arvensis</i> )  надземная часть	48,0
Почва - серая лесная (gray forest soil)			
Пшеница (Wheat) зерно	2,0	Подмаренник обыкновен- ный ( <i>Galium verum</i> ) надземная часть	28,7
солома	1,0	Горошек мышиный ( <i>Vicia cracca</i> ) надземная часть	32,5
Просо (Millet) зерно	3,0	Донник белый ( <i>Melilo- tus albus</i> ) надземная часть	30,0
Кукуруза (Corn) стебли	3,0	Лен (Flax) семена	25,0
Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratensis</i> ) надземная часть	4,5	солома	17,5
Осот полевой ( <i>Sonchus arvensis</i> ) надземная часть	38,4	Душица обыкновенная ( <i>Origanum vulgare</i> ) надземная часть	31,0
Овсяница луговая ( <i>Festu- ca pratensis</i> ) надземная часть	4,0		
Льрей ползучий ( <i>Agori- pum repens</i> ) надземная часть	6,5		
Клевер луговой ( <i>Trifoli- um pratense</i> ) надземная часть	36,3		

Таблица 31 (продолжение)  
Continuation of table 31

Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)
Почва - луговая (meadow soil)			
Лабазник ( <i>Filipendula ulmaria</i> )		Тысячелистник хрящеватый ( <i>Achillea millefolium</i> )	
надземная часть	62,5	надземная часть	27,5
Шавель конский ( <i>Rumex confertus</i> )			
надземная часть	25,5		
Почва - лугово-болотная (meadow-moor soil)			
Осока дернистая ( <i>Carex caespitosa</i> )		Береза бородавчатая ( <i>Betula verrucosa</i> )	
надземная часть	4,0	листья	82,5
Осока длиннохвостая ( <i>Carex lasiocarpa</i> )		кора	18,7
надземная часть	4,0	Смородина черная ( <i>Ribes nigrum</i> )	
Ива пепельная ( <i>Salix cinerea</i> )		листья	32,5
листья	60,0	кора	20,0
кора	12,0		
древесина	5,0		
БАРАБИНСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ И СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ КУЛУНДИНСКОЙ ДЕПРЕССИИ (BARABA AND NORTH PART OF KULUNDA DEPRESSION)			
Почва - чернозем (chernozem)			
Пшеница (Wheat)		Сахарная свекла (Sugar beet)	
надземная часть	11,0	листья	37,6
Рожь (Rye)		Кукуруза (Corn)	
надземная часть	8,5	стебли	17,5

Таблица 31 (продолжение)

Continuation of table 31

Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	В, мг/кг (mg/kg)
Костеръ безостый ( <i>Bromus inermis</i> )		Горох ( <i>Pisum</i> )	
надземная часть	8,0	надземная часть	30,0
Подсолнечник ( <i>Sunflower</i> )		Люцерна степная ( <i>Medicago falcata</i> )	
листья	41,7	надземная часть	45,2
Вейник шилоцветный ( <i>Calamagrostis epigeios</i> )			
надземная часть	5,0		
Почва - солонец (solonetz)			
Бескильница тончайшая ( <i>Rusciniella tenuissima</i> )		Волоснец солончаковый ( <i>Aneurolepidium Rabanum</i> )	
надземная часть	5,0	надземная часть	8,0
Тыпчак ( <i>Festuca pseudovina</i> )		Полынь селитряная ( <i>Artemisia nitrosa</i> )	
надземная часть	5,0	надземная часть	21,5
Почва - солончак (solonchak)			
Бескильница ( <i>Rusciniella distans</i> )		Солянка ( <i>Suaeda corniculata</i> )	
надземная часть	8,8	надземная часть	31,0
Солерос ( <i>Salicornia herbacea</i> )			
надземная часть	30,0		
Почва - солодь (solod)			
Береза бородавчатая ( <i>Betula verrucosa</i> )		Осина ( <i>Populus tremula</i> )	
листья	27,5	листья	30,0
кора	12,5	кора	25,0
древесина	6,5	древесина	7,0

Таблица 31 (окончание)  
Termination of table 31

Растение (Plant)	B, мг/кг (mg/kg)	Растение (Plant)	B, мг/кг (mg/kg)
Ива козья ( <i>Salix caprea</i> )			
листья	33,0		
кора	24,0		
древесина	8,2		
Почва - торфянисто-болотная (peat boggy soil)			
Осока лизичная ( <i>Carex gracilllis</i> )		Тростник ( <i>Phragmites communis</i> )	
надземная часть	16,0	надземная часть	8,0

Так же, как и в лесной зоне, высокая концентрация элемента свойственна древесным и кустарниковым породам. Накопление бора, как уже отмечалось, главным образом происходит в листьях или хвое.

А.И.Перельман (1966) относит бор по величине коэффициента биологического поглощения ( $A_B = n - n \cdot 10$ ) к сильно накапливающим элементам в ландшафте.

Однако полностью с этой концепцией согласиться нельзя. Бор, как видно по полученным результатам (см. табл. II, I3, I4, 31) в большом количестве ассимилируется не всеми представителями флоры. Поэтому представление о сильном биогенном накоплении бора в ландшафте преувеличены.

Полученные нами коэффициенты биологического поглощения дают возможность судить о масштабах биогенной ассимиляции микроэлемента, о роли в этом процессе различных растительных видов (табл.32).

Очень интенсивно ( $A_B = 18-34$ , см.табл.32) поглощают бор бобовые культуры (клевер, люцерна), развивающиеся обычно в автономном ландшафте. Меньше бора аккумулируется злаковыми. Коэффициент биологического поглощения этих культур составляет величину 1,2-4. Исключением является ячмень,  $A_B$  которого достигает 13 (табл.32).

Помимо физиологических потребностей организма на накопление бора в растениях, видимо, оказывают влияние также и условия сре-



Коэффициент биологического поглощения бора для некоторых растений лесостепной зоны  
Coefficient of boron absorption for some plants of wooded steppe belt

Почва (Soil)	Растение (Plant)	Содержание бора в по- ройде (Bo- ron con- tent in ra- te mate- rial), %	Содержание чистой зо- лы в рас- тении (Ash con- tent in pa- plant), %	Содержание бора в чи- стой золе (Boron con- tent in pu- re ash), %	Коэффициент биологиче- ского погло- щения (Coeff- icient of biological absorption) (A)
Разрез-1. Чернозем оподзоленный (podzolized chernozem)	Люцерна синяя (Medi- cago falcata) Ячмень (Hordeum) зерно	$3 \cdot 10^{-3}$	5,7	$5,4 \cdot 10^{-2}$	18,0
Разрез-10. Чернозем выщелоченный (leached chernozem)	Пшеница (Triticum) зерно солома	$3 \cdot 10^{-3}$ $5 \cdot 10^{-3}$	1,7 4,1 4,3	$4 \cdot 10^{-2}$ $1 \cdot 10^{-2}$ $2 \cdot 10^{-2}$	13,0 4,0 2,0
Разрез-7. Серая лесная	Клевер луговой (Tri- folium pratense)	$5 \cdot 10^{-3}$	3,4	$17 \cdot 10^{-2}$	34,0
Разрез-49. Серая лесная (gray forest soil)	Пирей ползучий (Agro- pogon repens)	$5 \cdot 10^{-3}$	5,1	$6 \cdot 10^{-3}$	1,2
Разрез-58. Аллювиаль- но-луговая (alluvial me- adow soil)	Тростник обыкновен- ный (Phragmites com- munis)	$5 \cdot 10^{-3}$	8,9	$4 \cdot 10^{-3}$	0,8
Разрез-463. Торфяни- сто-болотная (peat-bog- gy soil)	Осока двурядная (Ca- rex disticha)	$5 \cdot 10^{-3}$	3,8	$8 \cdot 10^{-3}$	1,8
Разрез-473. Торфяни- сто-болотная (peat-bog- gy soil)	Осока дернистая (Ca- rex coespitosa)	$6 \cdot 10^{-3}$	3,0	$3 \cdot 10^{-3}$	0,5

ды. Вероятно, этим объясняется наблюдающийся у некоторых растений региональный характер содержания элемента. Так, в пшенице (зерно) и кукурузе количество бора в Барабе и Северной Кулунде несколько выше (соответственно II и I7,5 мг/кг), чем в Присалаирье (пшеница, зерно - 7,6 мг/кг, солома - 2 мг/кг, кукуруза - 10 мг/кг, табл. 31). Больше бора содержат также бобовые Барабы и Северной Кулунды (горох - 30 мг/кг, люцерна - 45 мг/кг), чем эти же культуры в Присалаирской лесостепи (горох - 25,9 мг/кг, люцерна - 32 мг/кг; табл.31). В работе В.Б.Ильина (1964) для этих районов также отмечалось различное содержание бора в растительности, что автор связывает с неодинаковой обеспеченностью борами почв юга Западной Сибири.

По-видимому, не только это может быть причиной различного содержания бора в одних и тех же растениях изученных ландшафтов. Известно, что одно и то же растение при сухой и жаркой погоде потребляет бора значительно больше, чем при низких температурах и высокой влажности (Каталимов, 1965). В связи с этим, увеличение содержания бора в некоторых растениях Барабы и Северной Кулунды может быть следствием более высоких температур и большой засушливости климата, чем на Присалаирской равнине.

И.К.Шаховой (1961) в Казахстане также было отмечено повышение концентрации бора в растениях по мере нарастания его содержания в почве. Однако это было свойственно ограниченному количеству растительных видов. У большинства видов, как оказалось, содержание бора было примерно одинаковым.

Таким образом, растения лесостепных и степных ландшафтов содержат различное количество бора. Уровень содержания элемента у отдельных видов довольно устойчив и зависит, в первую очередь, от их физиологических потребностей в боре. Последние и определяют масштабы биогенной миграции элемента в ландшафте.

#### Бор в поверхностных и почвенно-грунтовых водах

Концентрация бора в поверхностных и почвенно-грунтовых водах лесостепных и степных ландшафтов отличается большой пестротой и тесно связана с общей концентрацией солей в водах, о чем свидетельствует коэффициент корреляции между этими показателями, равный  $+0,48 \pm 0,12$  ( $t_r = 4$ ;  $t = 2$ ).

Небольшое количество элемента найдено в слабоминерализованных водах Присалаирской равнины (табл.33). Особенно малую кон-



центрацию бора при очень большой вариабильности ее имеют грунтовые воды плакорных участков -  $0,03 \pm 0,02$  мг/л. В грунтовых водах оврагов, балок, куда направлен поток солей, содержание бора несколько выше -  $M=0,07 \pm 0,04$  мг/л. Пестрота содержания элемента здесь также высокая.

Относительное количество бора в сухом остатке соответствует величинам порядка  $n \cdot 10^{-3}$  -  $n \cdot 10^{-5}\%$ .

Для дренированной лесостепи Присалаирской равнины характерен очень интенсивный вынос бора из ландшафта. Коэффициент водной миграции элемента ( $K_p$ ) здесь равен 76. По своей величине он намного превосходит показатели интенсивности миграции элемента в других изученных ландшафтах (см. табл. 33).

В высокоминерализованных водах Барабинской низменности и Кулундинской депрессии содержание бора значительно увеличивается по сравнению с водами Присалаирской равнины (табл. 33).

В обогащении солями, в том числе, видимо, и бором вод Барабы и Северной Кулунды сыграли роль как процессы континентального соленакопления, так и биологического круговорота элементов (Орловский, 1949; Базилович, 1949, 1953, 1965; Никольская, 1961 и др.).

Помимо этого, некоторые исследователи (Шахова, 1961) борное засоление грунтов и вод юга Западной Сибири, территория которой была когда-то дном древнего моря, считают реликтовым.

Средняя концентрация элемента в речных водах Барабы равна  $0,17 \pm 0,08$  мг/л, вариабильность содержания бора - 80%. В воде озер и почвенно-грунтовых водах среднее содержание бора почти в 2 раза выше, чем в речных. Коэффициент вариабильности содержания бора в них равен 44-85%.

Количество бора в сухом остатке остается величиной того же порядка, что и в Присалаирье -  $n \cdot 10^{-3}$  -  $n \cdot 10^{-5}\%$ .

Концентрация бора, как и других солей, в водах степной зоны становится выше, чем в лесостепи. Среднее содержание микроэлемента в реках здесь достигает  $0,4 \pm 0,17$ , в озерах -  $1,9 \pm 0,7$ , в почвенно-грунтовых водах -  $0,4 \pm 0,09$  мг/л.

Пестрота же содержания бора, обусловленная интенсивностью перераспределения элемента, очень велика. Так, вариабильность показателей в озерах равна 73, в реках 82, в почвенно-грунтовых водах - 42%.

Количество бора в сухом остатке вод здесь несколько выше ( $n \cdot 10^{-3}$  -  $n \cdot 10^{-4}\%$ ), чем в лесостепных ландшафтах.

Хотя коэффициенты водной миграции элемента — величины значительные как для лесостепных ( $K_B=17,7$ ), так и для степных ( $K_B=4,2$ ) ландшафтов, вынос бора вследствие бессточности территории, по существу отсутствует. Перераспределение бора главным образом идет внутри ландшафтов. По этой причине озера, являющиеся конечными пунктами трансгрессии солей, имеют наибольшую концентрацию бора.

Таким образом, содержание бора в поверхностных и почвенно-грунтовых водах изученных ландшафтов связано с общим засолением в ландшафтах и в условиях исследованной территории носит региональный характер. Воды Северной Барабы, Салаирского края, Присалаирской равнины, имеющие внешний сток и будучи малозасоленными, обеднены бором по сравнению с водами центральной и южной частей Барабинской низменности, а также Кулундинской депрессии, где внешний сток отсутствует и наблюдается повышенное содержание солей. В целом борное засоление поверхностных и почвенно-грунтовых вод нарастает с севера и северо-востока на юг и юго-запад.

#### О ДИНАМИКЕ ПОДВИЖНОГО БОРА

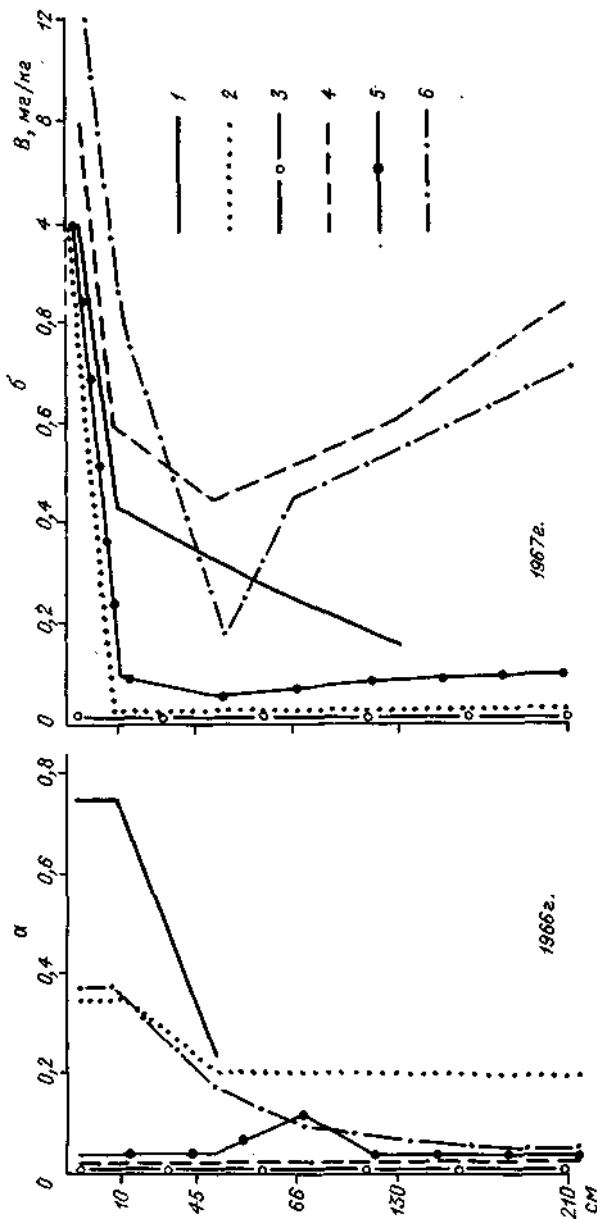
Почвы изученных ландшафтов по содержанию подвижного (воднорастворимого) бора существенно различаются. Эти различия обнаруживаются не только при сопоставлении разных почвенных типов, но и почв одного типа. Внутритиповое варьирование концентрации подвижного бора тесно связано с количеством гумуса и водно-физическими свойствами почвы.

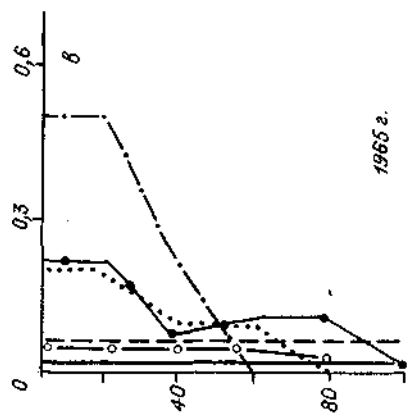
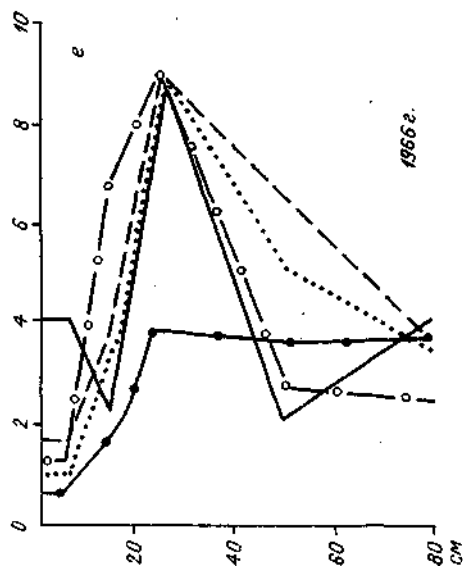
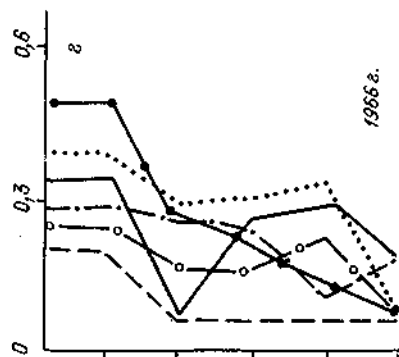
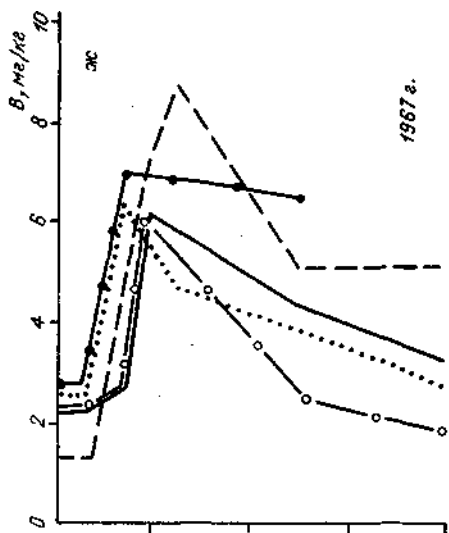
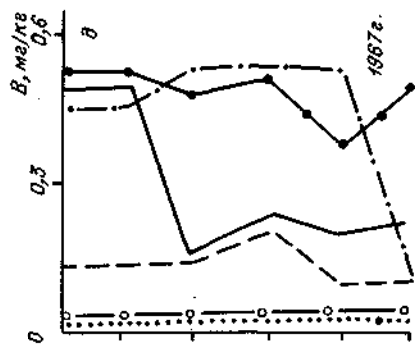
Процесс гумусообразования сопровождается в почвах непрерывным движением веществ, закреплением одних и высвобождением других элементов. Как известно, ведущая роль в этом процессе принадлежит почвенным микроорганизмам, активная деятельность которых в большой степени определяется почвенными гидротермическими условиями.

Динамичность гидротермических условий и микробиологических процессов, а также потребления элементов растениями, миграция их с влагой вызывает в почвах не только изменение концентрации подвижных форм основных биофилов — азота, фосфора, калия, но и микроэлементов (Berger, 1949; Winsor, 1952; Mitchell, 1955; Калмет, 1963; Макеев, Сеничкина, 1967; Задорожный, 1967).

Рис. 4. Динамика содержания подвижного бора в почвах: а, б - дерново-глубокоподзоленной; в, г, д - серой лесной; е, ж - солонце высокостволобчатом, 1 - май; 2 - июнь; 3 - июль; 4 - август; 5 - сентябрь; 6 - октябрь

Fig. 4. Dynamic of available boron content in soils: а, б- in soddy deeply podzolized soil; в, г, д- in gray forest soil; е, ж- in highcolumber alkaline solonetz, 1 - may; 2 - june; 3 - july; 4 - august; 5 - september; 6 - october





В течение нескольких лет нами изучалась динамика содержания подвижного бора в различных почвах. Эти исследования показали, что концентрация воднорастворимой фракции элемента в течение вегетационного периода сильно меняется (рис.4).

В почвах автоморфного ряда развития изменения содержания подвижного бора были тесно связаны с интенсивностью микробиологической деятельности, в процессе которой происходило освобождение и закрепление микроэлемента (Аникина, 1969). Это осуществлялось главным образом за счет резервов микроэлемента, находящегося в растительном опаде, поскольку бор минерального субстрата малоподвижен.

Нарастание биологической активности снижало концентрацию подвижного бора в почве.

Почвенные микроорганизмы (изучены только целлюлозоразрушающие) по отношению к бору вели себя по-разному. Бактерии, например, слабо закрепляли бор, но способствовали его энергичному освобождению из растительных остатков. Поэтому в периоды их максимальной численности концентрация подвижной фракции элемента в почве увеличивалась.

Грибы и актиномицеты, напротив, отличались высоким биологическим закреплением элемента. В период их максимальной численности количество подвижного бора в почве уменьшалось.

Возврат бора в почву из растительных остатков осуществлялся с различной скоростью и зависел от их химического состава. Микроэлемент быстрее высвобождался и поступал в почву, если в химическом составе растительных остатков преобладали гемицеллюлоза и целлюлоза. Напротив, при высоком содержании лигнина и воско-смола высвобождение бора шло медленно.

Помимо микробиологических процессов в почвах автоморфного ряда развития на динамику подвижного бора оказывают большое влияние гидрогенная миграция и потребление элемента растениями.

В засоленных и гидроморфных почвах сезонные колебания содержания подвижного бора, по-видимому, были обусловлены изменениями в водном и солевом режимах данных почв.

Во всех изученных почвах наблюдалось положительное влияние влаги на повышение концентраций подвижного бора. Особенно сильно ( $r = +0,67 \pm 0,15$ ) оно проявлялось на почвах легкого механического состава.

Таким образом, проведенные исследования выявили значитель-



ные сезонные изменения в концентрации подвижного бора в почве. В связи с этим однократное определение его содержания не может дать правильного представления об обеспеченности почв подвижной фракцией данного микроэлемента.

## В ы в о д ы

1. Содержание и распределение бора в ландшафтах Барабы и Новосибирского Приобья определяются разнообразием почвообразующих пород, неоднородностью геоморфологических и биоклиматических условий территории, а также химическими свойствами самого элемента.

2. В лесных ландшафтах Северной Барабы, террас Оби и Салаирского края, а также в лесостепных ландшафтах Присалаирской равнины создаются условия для выщелачивания бора и выноса его за пределы изученной территории.

3. В лесостепных ландшафтах Центральной Барабы, а также в степных ландшафтах Южной Барабы и Северной Кулунды сильно выражено перераспределение бора: вынос элемента с повышенных участков и его аккумуляция в отрицательных формах рельефа. В связи с этим в ландшафтах данной территории наблюдается накопление микроэлемента.

4. Валовое содержание бора в автоморфных почвах — подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных, черноземах определяется его концентрацией в почвообразующих породах и контролируется механическим составом последних.

5. Из почв лесных ландшафтов наиболее обогащены бором дерново-глубокоподзоленные почвы Салаирского края, меньше подзолистые и дерново-подзолистые почвы Северной Барабы. Дерново-подзолистые почвы террас Оби, песчаные и супесчаные по механическому составу обеднены бором.

6. Подзолистые и дерново-подзолистые почвы отличаются незначительным перераспределением валового бора по генетическим горизонтам профиля. Характер распределения валового бора в профиле данных почв близок к нормальному.

7. Почвы и почвообразующие породы лесостепной зоны характеризуются большим разнообразием содержания бора, чем почвы и почвообразующие породы лесной зоны.

8. В серых лесных почвах Присалаирской равнины количество валового бора сильно варьирует ( $v = 22\%$ ) и зависит от их место-

положения. Богаче бором тяжелосуглинистые серые лесные почвы территорий, прилегающих к Салаиру, беднее - серые почвы легко-го механического состава территорий, примыкающих к долине Оби.

9. Темно-серые лесные почвы по количеству валового бора приближаются к черноземам.

10. Большое количество бора содержат черноземы и лессовидные суглинки, на которых они развиваются, Присалаирской равнины, меньшее - черноземы и лессовидные суглинки Барабы.

Изученные автоморфные почвы степи - южные черноземы, имеющие среднесуглинистый или легкосуглинистый механический состав, беднее валовым бором, чем черноземы Барабы.

11. Распределение валового бора в профиле черноземов равномерное и подчиняется закоу нормального распределения.

12. Уровень содержания валового бора в почвах гидроморфного ряда развития во многом определяется их местоположением. Почвы территорий Северной Барабы и Новосибирского Приобья обладают тем же или более низким количеством валового бора, что и местные почвы автоморфного ряда. В Центральной, Южной Барабе и Северной Кулунде валовое количество элемента в почвах подчиненных ландшафтов высокое за счет привноса его с окружающих приподнятых участков, а также, вероятно, реликтового борного засоления грунтов и грунтовых вод.

13. Распределение микроэлемента по генетическим горизонтам гидроморфных почв Северной Барабы равномерное.

Аналогичные почвы долины Оби и Присалаирской равнины характеризуются более высокой концентрацией элемента в верхних горизонтах профиля по сравнению с нижними. Максимальное количество бора в почвах и гидроморфного и засоленного рядов развития Барабинской лесостепи и Северо-Кулундинской степи приурочено к горизонтам наибольшего соленакопления.

14. Обеспеченность изученных почв подвижным бором различная. Мало бора содержат подзолистые, дерново-подзолистые и серые лесные почвы. Концентрация подвижного бора в черноземах значительно выше. Самое высокое количество подвижного бора имеют луговые и болотные почвы, солонцы и солончаки.

15. Концентрация подвижного бора в почвах в течение вегетационного периода непостоянна. В почвах автоморфного ряда она меняется главным образом под влиянием микробиологических процессов. В почвах гидроморфного ряда динамика содержания бора

обусловлена, прежде всего, сезонными изменениями водного и солевого режимов.

16. Уровень содержания бора в растениях и его количество, ассимилируемое в ландшафте, зависят от физиологических потребностей в микроэлементе у представителей разных семейств.

Большое количество бора накапливают растения из семейств бобовых, сложноцветных, крестоцветных, гречишных, розоцветных, кипрейных, мало - злаковые растения.

17. Концентрация бора в водах ландшафтов тесно связана с общим соленакоплением и увеличивается с севера на юг и юго-запад.

18. Выявленные особенности распределения и поведения бора в ландшафтах Барабы и Новосибирского Приобья имеют практическое значение. Они позволяют более рационально подойти к размещению и применению борных удобрений.

Районами перспективного применения борных удобрений являются территории, занятые подзолистыми и дерново - подзолистыми почвами в Северной Барабе, долине Оби, на Салаире, а также участки с серыми лесными почвами на Присалаирской равнине.

В Центральной, Южной Барабе и Северной Кулунде внесение борных удобрений желательно только на почвах легкого механического состава, развивающихся на высоких гривах.

#### BORON IN THE LANDSCAPES OF THE BARABA AND NOVOSIBIRSK PRIOBYE

A.P. Anikina

#### Summary

The data on boron content and distribution in principal parts of the landscapes such as parent material, soils, plants and waters of the Baraba and Novosibirsk Priobye are presented.

The investigated area has large meridional and latitudinal length. Boron content and distribution in the landscapes is determined by diversity of parent materials, heterogeneity of geomorphological and bioclimatic conditions as well as chemical properties of the element itself.

In supplied with water North Baraba, on drained terraces of the Ob, Prisalair plain, Salair mountain-ridge conditions are created for boron leaching and removal outside of the area.

On the contrary, accumulation of trace elements is to be observed in the landscapes of Central, South Baraba and North

Kulunda where the flow does not occur.

The level of boron content in soils depends its concentration in parent materials and is controlled by the texture of parent materials. The greater boron amount is peculiar to heavy textured parent materials and soils, the lesser one is peculiar to medium or light textured soils.

Depthwise distribution of boron in automorphic soils is nearly even and is approximated to Gaussian curve by its nature.

Boron amount in hydromorphic soils of North Baraba and Novosibirsk Priobye is similar to concentration of the element in local automorphic soils.

On the contrary, hydromorphic and salined soils of Central and South Baraba and North Kulunda contain boron much more than automorphic soils of the present area. Maximum boron concentration of these soils is peculiar to horizon of the greatest accumulation of readily soluble salts.

Different content of available boron in the studied soils is revealed. Small its amounts are contained in podzolic, soddy podzolic and grey forest soils. Available boron concentration in chernozems is much higher. The highest content of available boron is peculiar to meadow, moor, salined and solonchuk soils.

Available boron concentration in soils is changeable during vegetational season. In automorphic soils it is connected to a large degree with microbiological processes.

In salined and hydromorphic soils seasonal fluctuations of available boron content seem to be caused by the changes in water and salt regimes of the present soils.

In connection with considerable seasonal fluctuations of available boron in soils the single its determination can not give an idea of providing of soils with available boron.

Depending on physiological requirements different boron amount is accumulated in plants. Amongst cultivated plants legumes, flax, sunflowers and sugar beet contain much boron. Gramineous plants are notable for low boron content.

Boron concentration in waters of the landscapes proved to be closely connected with total salt accumulation. Within the investigated area it is increased from the north to the south and south-west.

## Л и т е р а т у р а

- А л е к с а н д р о в С.М., Б а р с у к о в В.А., Ш е р б и н а В.В. Геохимия эндогенного бора. М., 1968.
- А н и к и н а А.П. Бор в ландшафтах Барабы и Северной Кулунды. - Тез. докл. Всес. совещ. по микроэлементам, кн. I. Петрозаводск, 1965.
- А н и к и н а А.П. К вопросу распределения бора в лесостепных и степных ландшафтах Барабы и Северной Кулунды. - В сб.: "Генетические особенности почв Обь-Иртышского междуречья и Горного Алтая". Новосибирск, "Наука", 1966.
- А н и к и н а А.П. Зависимость динамики содержания подвижного бора от микробиологической активности почвы. - Тез. докл. III Сибирск. конф. по микроэлементам. Улан-Удэ, Бурят. кн. изд-во, 1969.
- Б а з и л е в и ч Н.И. О соленакоплении в почвах и водах Барабинской низменности. - Тр. юбил. сессии почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1949.
- Б а з и л е в и ч Н.И. Типы засоления вод и почв Барабинской низменности. - Тр. почв. ин-та им. В.В. Докучаева, т. 36. М., Изд-во АН СССР, 1953.
- Б а з и л е в и ч Н.И. Геохимия почв содового засоления. М., "Наука", 1965.
- Б о б к о Е.В., М а т в е е в а Т.В. Методика определения бора в почвах и растениях. - Ж. приклад. химии, 1936, т. IX, № 3.
- Б о б к о Е.В. Избранные сочинения. М., Сельхозиздат, 1963.
- Б о р о д и н И.В., И в а р о в с к и й П.С. Микроудобрения под сахарную свеклу в Новосибирской области. - Тр. конф. "Правильно использовать земли Новосибирской области". Новосибирск, 1963.
- В а л я ш к о М.Г. Некоторые черты геохимии бора. - В сб.: "Химия боратов". Рига, 1953.
- В а т а н а б е Т а к е о. Геохимические циклы и концентрация бора в земной коре. - В сб.: "Химия земной коры", т. II (Тр. геохим. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. В.И. Вернадского). М., "Наука", 1964.
- В и н о г р а д о в А.П. Бор в почвах СССР. - Почвоведение, 1947, № 2.

- В и н о г р а д о в А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой. - Тр.конф. по микроэлементам. М., Изд-во АН СССР, 1952.
- В и н о г р а д о в А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Г о л ь д ш м и д т В.М., П е т е р с К.К. К геохимии бора, ст. I, П. - Сб.статей по геохимии редких элементов, М.-Л., 1938, ИЛ.
- Г о р ш е н и ч К.П. Почвы южной части Сибири. М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Г р и г о р ь е в а Д.В. Бор в луговых растениях, кормах и почвах Центральной Якутии. М., "Наука", 1967.
- Д е л о в а Г.В. Влияние микроэлементов на рост и повышение продуктивности кукурузы в условиях Новосибирской области. - Тр.ЦСБС, вып.4. Новосибирск, 1960.
- Д е с п о т о в а Н.А. Микроэлементы в почвах и сельскохозяйственных культурах юга Украины. - Тез.докл. У Всес. совещ. по микроэлементам, т. I. Улан-Удэ, Бурят. кн. изд-во, 1966.
- Д о л о б о в с к а я С.А. Содержание микроэлементов в почвах приднепровских боров. - Почвоведение, 1970, № 2.
- Е л ь к и н а Е.А. Предпосевное намачивание семян кукурузы в растворах микроэлементов. - Тр.междуз.конф. "Прогрессивные методы возделывания кукурузы в Сибири". Омск, 1960.
- З а д о р о ж н ы й Г.П. Динамика бора в светлых сероземах Голодной степи. - Агрохимия, 1967, № 5.
- З а й к о в а Л.А. Влияние бора и молибдена на урожай сельскохозяйственных культур в условиях Присалаирской дренированной равнины. - Тез.докл. II Сибирск.конф. по микроэлементам. Красноярск, 1964.
- И л ь и н В.Б. К биогеохимии бора в ландшафтах юга Западной Сибири. - В об.: "Доклады сибирских почвоведов к УШ Международному почвенному конгрессу". Новосибирск, 1964.
- И л ь и н В.Б. Закономерности распределения бора в ландшафтах Обь-Иртышского междуречья. - Изв.Сиб.отд. АН СССР, серия биол. и мед.наук, 1965, № 8, вып.2.
- И л ь и н В.Б. Почвы Правобережья (Присалаирской дренированной равнины). - В кн.: "Почвы Новосибирской области". Новосибирск, "Наука", 1966.
- И л ь и н В.Б. Влияние гумусированности и дисперсии механиче-

- ских частиц на содержание микроэлементов в почве. - Изв. Сиб.отд. АН СССР, серия биол. и мед.наук, 1969, № 3, вып. I.
- К а л м е т Р. О динамике содержания в почвах бора, меди и марганца. - Тр. Эстонского ин-та земледелия и мелиорации, 1963, № 3.
- К а т а л ы м о в М.В. О действии удобрений в зависимости от типа почв. - Тр. юбил. сессии, посвящ. 100-летию со дня рожд. В.В. Докучаева. М., Изд-во АН СССР, 1949.
- К а т а л ы м о в М.В. Микроэлементы и урожай. М.-Л., "Химия", 1965.
- К о в а л е в Р.В., Г а д ж и е в И.М. Почвы северной части области (Приволжской низменной равнины). - В кн.: "Почвы Новосибирской области". Новосибирск, "Наука", 1966.
- К о в а л е в с к и й А.Л. Зависимость содержания некоторых микроэлементов от глинистости почв. - В сб.: "Микроэлементы в биосфере и их применение в сельском хозяйстве и медицине Сибири и Дальнего Востока". Улан-Удэ, Бурят. кн. изд-во, 1967.
- Л у к а ш е в К.И. Геохимическое поведение элементов в гипергенном цикле миграций. Минск, "Наука и техника", 1964.
- М а к е е в О.В., С е н и ч к и н а М.Г. Содержание микроэлементов в почве в течение вегетационного периода. - В сб.: "Микроэлементы в биосфере и их применение в сельском хозяйстве и медицине Сибири и Дальнего Востока". Улан-Удэ, Бурят. кн. изд-во, 1967.
- М а л ы г а Д.П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- М и х а й л о в А.С. Содержание микроэлементов в почвах некоторых районов Западной Сибири. Изв. Сиб.отд. АН СССР, 1962, № 9.
- Н и к о л ь с к а я Ю.П. Процессы солеобразования в озерах и водах Кулундинской степи. Новосибирск, 1961.
- О р л о в с к и й Н.В. Солевой режим грунтовых вод в Барабе. - Тр. юбил. сессии, посвящ. 100-летию со дня рожд. В.В. Докучаева. М., Изд-во АН СССР, 1949.
- П а н ф и л о в В.П. Агрофизические свойства основных типов почв Новосибирской области. - В сб.: "Генезис почвы Западной Сибири". Новосибирск, 1964.
- П а ц у к е в и ч З.Ф. Бор в виноградниках Крыма. (Авторф. канд. дисс.). М., 1964.

- Пейве Я.В. Содержание доступных растениям микроэлементов в почвах СССР. - В сб.: "Микроэлементы в растениеводстве". Рига, Изд-во АН ЛатвССР, 1958.
- Пейве Я.В. Содержание микроэлементов (В, Си, Мп, Мо, Со) в почвах СССР и эффективность применения микроудобрений. - В сб.: "Доклады советских почвоведов к УП Международному конгрессу почвоведов в США". М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Пейве Я.В. Биохимия почв. М., 1961.
- Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М., Географиздат, 1966.
- Пonomareva В.В. Подзолообразовательный процесс. М.-Л., "Наука", 1964.
- Попов В.М. Азот, фосфор, калий в орошаемых лугово-черноземных почвах. (Автореф. канд.дисс.). Новосибирск, 1969.
- Синягин И.И. Микроэлементы в почвах сероземной зоны. - В сб.: "Проблемы советского почвоведения", № 14. М., Изд-во АН СССР, 1946.
- Синякова С.И. Содержание бора в почвах СССР. - Тр.биогеохим.лабор. АН СССР, т.У. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1939.
- Сывороткин Г.С. О содержании бора в растениях, обладающих млечной системой. - В сб.: "Микроэлементы в жизни растений и животных". М., Изд-во АН СССР, 1952.
- Федорова В.С., Демина Т.Г. Влияние микроэлементов на содержание витаминов в листьях кукурузы. - Тр.ЦСБС, вып.4. Новосибирск, 1960.
- Ферсман А.Е. Геохимия, ч.1, П. Геохимтехиздат, 1934.
- Хардер Г. Геохимия бора. М., "Недра", 1965.
- Шабалин И.Н. Значение микроэлементов в повышении качества урожая при орошении кукурузы, сахарной свеклы и яровой пшеницы в условиях Кулундинской степи. - Тез.докл. IУ Всес.совещ. "Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине". Киев, 1962.
- Шабалин И.Н., Яблокова Л.П. Влияние микроэлементов на рост, развитие и урожай кукурузы при орошении. - Тез.докл. У межузов.совещ. по микроэлементам, кн.1. Петрозаводск, 1965.
- Шахова И.К. Биогеохимическая провинция, обогащенная бором. (Автореф.канд.дисс.). М., 1961.
- Школьник М.Я. Значение микроэлементов в жизни растений и земледелии. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1950.



- Школьник М.Я. О физиологической роли микроэлементов у растений. - В сб.: "Микроэлементы в жизни растений и животных". М., Изд-во АН СССР, 1952.
- Школьник М.Я., Макарова Н.А., Стеклова М.М. О физиологической роли бора и потребности в нем разных растений в зависимости от факторов среды. - В сб.: "Микроэлементы в жизни растений и животных". М., Изд-во АН СССР, 1952.
- Barker A., Mortenson W.F. Residual effect of single borate applications on Western Washington soils. - Soil Sci., 1966, v.102, 3.
- Băjescu I., Salzman S. Boron in some soils and running waters in south of Rumania. - Anal.Inst. cent.Cerc. agrik., 1965, v.33.
- Berger K.C., Truog E.V. Boron availability in relation to soil reaction and organic matter content. - Soil sci., Soc., Am.Proc., 1945, 10.
- Berger K.C. Boron in soils and crops. - Advances in agronomy, 1949, v.1.
- Datta N.R., Kathavate C.V. Rainfall and water-soluble boron content in Indian soils. - Sci. and Cult., 1965, v.31, 12.
- Hatcher J.T., Blair C., Bower C.A. Response of beans to dissolved and adsorbed boron. - Soil Sci., 1959, v.88.
- Hatcher J.T., Bower C.A., Clark M. Adsorption of boron concentrations in soils as influenced by hydroxy aluminium and surface area. - Soil Sci., 1967, v.104, 6.
- Eaton T.M., Wilcox L.V. The behavior of boron soils. U.S.Dep. Agr. Tech. Bull., 1939.
- Metwally A.R. Boron reactions with clays and soils. - Dissert. abs., 1967, 11.
- Miljkovic N.S., Mathews B.C., Miller M.H. The available boron content of genetic horizons of Ontario soils. - Can.J. Soil Sci., 1966, v.46.
- Mitchell R.L. Trace elements. - "Chemistry of soils". Copyright. New-York, 1955.
- Olson R.V., Berger K.C. Boron fixation as influenced by pH, organic matter content and other factors.

- Soil Sci., Soc., Am. Proc., 1946, 11.
- P a r k C.S., P a r k N.J. The available boron content in soils of the upland crop area of Korea. - Res.Rep. office rur. Dev. Minist. Agric. For., Korea, 1966, 9.
- P a r k W.Z., W h i t e J.Z. Boron retention by clay and humus systems saturated with various cations. - Soil Sci., Soc.Am.Proc., 1952, 16.
- S i n g h S.S. Boron adsorption equilibria. - Soil Sci., 1964, v.98, 6.
- W e r k h o v e n C.H.E. Boron in some saline and non saline soils in Southeastern Saskatchewan. - Soil Sci., Soc.Am. Proc., 1964, 28.
- W i n s o r H.W. Variations in soil boron with cultivation and season. - Soil Sci., 1952, 74.

# СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENT

О т а в т о р о в	
Р е ф а с е .....	5
В.К. Б а х н о в. Биогеохимия и агрохимия меди и марганца в Барабинской низменности	
V.K. B a k h n o v. Biogeochemistry and Agrochemistry of Copper and Manganese in the Baraba Depression .....	10
А.А. Т р е й м а н. Медь и марганец в почвах, растениях и водах ландшафтов Салаира и Присалаирской равнины	
A.A. T r e y m a n. Copper and Manganese in Soils, Plants and Waters of Salair Mountain-Ridge and Prisalair Plain .....	55
А.П. А н и к и н а. Бор в ландшафтах Барабы и Новосибирского Приобья	
A.P. A n i k i n a. Boron in Landscapes of Baraba and Novosibirsk Priobye .....	139

**МЕДЬ, МАРГАНЕЦ И БОР  
В ЛАНДШАФТАХ БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ  
И НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ**

Ответственный редактор

**Виктор Борисович Ильин**

Редактор **Н.Ф. Промашкова**

Художественный редактор **Э.С. Филоничева**

Художник **В.И. Шуманов**

Технический редактор **Т.К. Овчинникова**

---

Подписано в печать 13 февраля 1971 г. МН 06079  
Бумага 60х90<sup>1</sup>/16. 13,25 печ.л., 12,8 уч-изд.л.  
Тир. 1000 экз. Цена 90 коп. Заказ 101.

---

Сибирское отделение издательства "Наука"  
Новосибирск, Советская, 18

Институт геологии и геофизики СО АН СССР  
Новосибирск, 90. Ротапринт