

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.4

Н. Н. Матинян, К. А. Бахматова

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ
ПРИНЕВСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Изучение почв Приневской низменности, их генезиса и плодородия началось около ста лет назад и продолжается до наших дней. Среди литературы, посвященной этому вопросу, можно назвать работы Р. В. Ризположенского [24], Л. И. Прасолова [23], Н. Л. Благовидова [2], М. Н. Владимировой [5], Н. Г. Орельской [20], А. В. Козлова [15], А. В. Литвиновича [16] и многие другие. Особенности почв этой территории находили отражение в монографиях «Почвы Ленинградской области» [22] и «Почвы и почвенный покров Северо-Запада России» [6].

Однако в литературе пока не нашла достаточного освещения геохимическая характеристика почв этой территории. В «Объяснительной записке к почвенно-геохимической карте Ленинградской области» [21] они по необходимости охарактеризованы очень кратко. Восполнению этого пробела и служит данная статья, цель которой — показать микроэлементный состав почв Приневской низменности, сформированных на различных породах, и оценить фоновые валовые содержания ряда микроэлементов в этих почвах. Представленные здесь данные могут послужить как при разрешении генетических вопросов, так и при проведении почвенно-геохимического мониторинга территории.

Исследования проводились в пределах второй террасы Приневской низменности. Основная часть данных была получена в ходе крупномасштабного почвенно-геохимического картирования Ленинградской области (1982–1984 гг.). Геохимические пробы отбирались из структурных разрезов, по горизонтам. Средняя масса пробы — 1,0–1,5 кг. Один разрез в среднем приходился на 5–6 км².

Валовое содержание химических элементов в почвах и породах определялось эмиссионным спектральным анализом в лаборатории ВСЕГЕИ. Содержание подвижных микроэлементов определяли в вытяжке 1,0 н. HCl. По результатам определения валового содержания микроэлементов были рассчитаны средние величины для каждой из почвообразующих пород по горизонтам почвенного профиля и средние глубины залегания этих горизонтов от поверхности почвы. Расчеты проводились на компьютере при помощи пакета прикладных программ STATGRAPHICS. На основании средних величин содержания элементов в почвах были рассчитаны коэффициенты выноса — накопления в отдельных горизонтах по отношению к почвообразующей породе.

Приневская низменность занимает участок между Финским заливом и Ладожским озером, характеризуется небольшими высотами (до 25–30 м над уровнем моря) и плос-

кой равнинной поверхностью. На юге ее границей служит северный склон Ордовикского плато, на севере — отчасти уступы Токсовской возвышенности, частью же северная граница в рельефе не выражена.

В целом район исследований характеризуется слабо расчлененным плоским рельефом, почти полным отсутствием дренажа при слабо развитой речной сети.

Территория Приневской низменности на протяжении нескольких веков интенсивно осушалась и осваивалась. Район исследований осушен закрытым дренажем, почвы этого «ленинградского огорода» отличаются высокой и средней степенью окультуренности, высокими запасами гумуса и элементов питания, достигнутыми многолетним внесением органических и минеральных удобрений. В связи с интенсивным известкованием реакция большинства почв слабокислая или нейтральная [3].

Благодаря низкому гипсометрическому положению Приневская низменность на протяжении ледникового времени представляла собой устойчивую область водной и ледниковой аккумуляции, что и предопределило характер встречающихся здесь почвообразующих пород. На этой территории распространены ленточные глины, моренные бескарбонатные суглинки, озерно-ледниковые и флювиогляциальные пески, а также двучленные отложения. Рассматриваемые почвообразующие породы относятся к единому верхневалдайскому (осташковскому) ледниковому комплексу [6].

Ленточные глины отличаются самым высоким среди рассматриваемых пород суммарным содержанием микроэлементов, а наименьшее их содержание присуще водноледниковым пескам (рис. 1). Наиболее значительное обогащение ленточных глин в сравнении с другими породами наблюдается в отношении хрома, никеля, кобальта, цинка. Такие элементы, как скандий, галлий, иттрий, олово и барий, содержатся в сходных количествах во всех породах. То же касается распределения меди: в песчаных отложениях ее лишь незначительно меньше, чем в глинистых и суглинистых (табл. 1, 2, 3).

Пониженное содержание большинства элементов в песчаных отложениях в сравнении с глинистыми отмечалось многими исследователями [4, 12, 13]. В песках основным носителем микроэлементов является тяжелая фракция, но ввиду ее низкого содержания (не выше 5%) невысок и общий запас микроэлементов в этих породах. В суглинистых и глинистых отложениях наряду с тяжелой фракцией концентратом микроэлементов служит фракция ила ($< 0,001$ мм), доля которой в этих породах может достигать 30%.

Анализ распределения микроэлементов в горизонтах почвенного профиля по отношению к почвообразующей породе выявил наличие группы элементов, распределенных в профиле всех почв аккумулятивно, при этом кривые распределения сходны для разных групп почв (рис. 2). К их числу относятся: Ti, Sr, Y, Zr, Ba, Pb. Элювиальное распределение наблюдается для Cr и Ni. Равномерным распределением по профилю всех почв отличается Sn, т. е. его содержание в почвенных горизонтах такое же, как в породе. В распределении остальных элементов между почвами на разных породах наблюдаются определенные различия.

Профиль почв на ленточных глинах характеризуется выносом большинства элементов из верхнего горизонта по отношению к породе: V, Cr, Co, Ni, Zn. Все горизонты почвы по сравнению с породой обеднены Mn. Н. Г. Зырин [11] указывал, что валовое содержание Mn в почвах варьирует заметней, чем содержание остальных микроэлементов (коэффициент вариации в дерново-подзолистой почве — 24%). Содержание подвижных форм марганца варьирует в 2–4 раза больше, чем валовое его содержание. По нашим данным, содержание Mn варьирует в 1,5–2 раза сильнее, чем содержание других элементов. Это затрудняет выведение закономерностей его профильного распределения. В

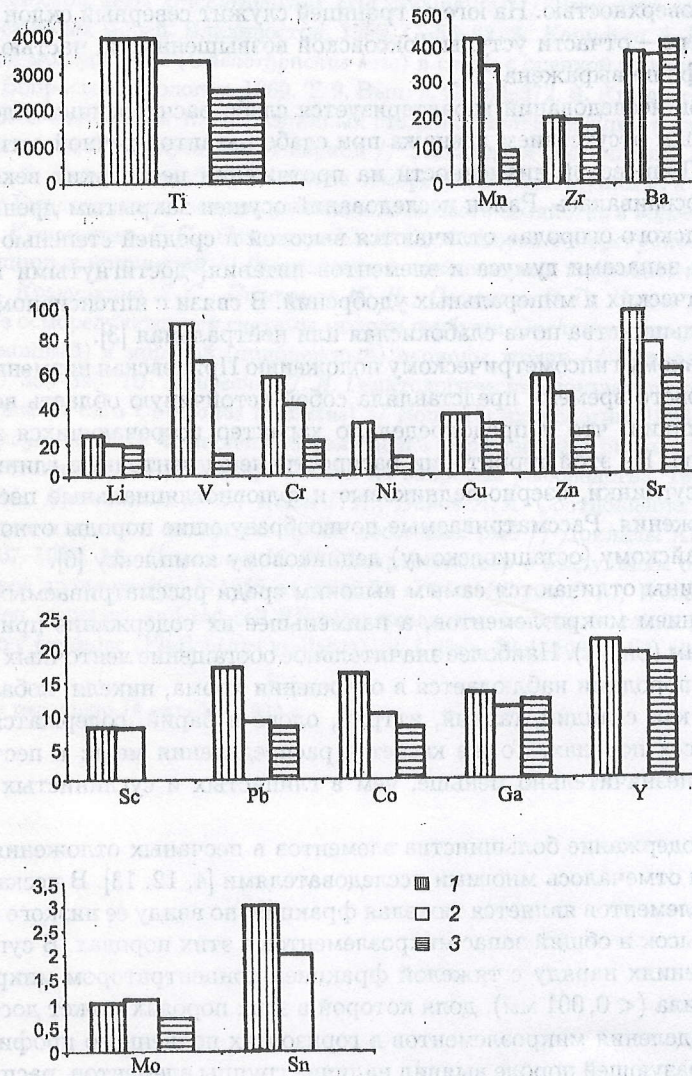


Рис. 1. Среднее содержание микроэлементов (мг/кг) в почвообразующих породах Приневской низменности.
 Обозначения почвообразующих пород: 1 — ленточные глины; 2 — моренные суглинки; 3 — водно-ледниковые пески.

качестве тенденции можно отметить иллювиальное накопление Mn в горизонте E1Bg — на глеевом барьере. Cu, Zn, Mo распределены по профилю практически равномерно.

Проследить четкие различия между почвами разной степени выраженности элювиально-глеевого процесса по микроэлементному составу не удастся.

В среднем профиль почв на моренных суглинках характеризуется выносом V и Mn из верхнего горизонта. Можно отметить тенденцию к аккумуляции Mn в горизонте E1Bg. Co и Cu распределены практически равномерно. Zn и Mo склонны к биогенной аккумуляции в поверхностных горизонтах почв. Рассматривая конкретные почвы, можно отметить, что чем сильнее выражено оподзоливание, тем более четко проявляет-

Таблица 1. Средний микроэлементный состав поверхностно-оглеенных почв, сформированных на ленточных глинах Приневской низменности

Горизонт	Показатель	Содержание микроэлементов, мг/кг почвы																	
		Li	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Sr	Y	Zr	Mo	Sn	Ba	Pb
P	M	25	11	6300	60	40	300	11	20	34	50	13	150	36	390	1,1	320	540	23
	m	1	1	300	3	2	30	1	1	2	3	0	10	2	20	0	0	20	2
	n	30	20	31	24	28	28	27	28	28	27	28	28	30	27	31	23	44	28
ELg	M	23	8	4700	70	50	240	12	21	31	51	12	110	25	260	0,9	3	460	16
	m	3	0	500	8	7	50	2	3	1	8	1	30	2	50	0,2	0	40	2
	n	6	3	6	4	7	7	7	7	7	7	6	7	6	7	6	3	7	7
ELBg	M	26	8	4900	90	62	360	16	30	32	58	13	85	25	230	1,0	3	390	18
	m	2	0	400	7	7	50	2	2	3	6	1	8	2	20	0,1	0	30	1
	n	14	9	13	13	13	12	12	12	13	13	12	14	13	13	14	9	14	12
Bg	M	26	8	4700	78	61	270	15	30	35	60	15	83	24	220	0,9	3	420	17
	m	1	0	200	4	5	20	1	1	2	3	1	6	1	20	0	0	10	1
	n	42	19	36	39	31	27	29	29	30	30	38	32	39	29	42	20	41	26
BCg	M	24	8	4200	97	56	330	15	30	35	57	13	85	22	210	1,0	3	410	15
	m	1	0	200	5	3	30	1	1	2	3	1	6	1	10	0	0	10	1
	n	32	19	31	18	28	30	30	28	31	32	31	31	32	31	32	20	33	30
Cg	M	24	8	3900	89	58	430	16	31	36	58	13	95	21	200	1,0	3	390	17
	m	1	0	400	7	4	40	2	1	2	4	1	9	1	10	0	0	20	1
	n	20	13	18	19	18	18	18	18	18	18	19	18	20	18	20	13	21	18

Примечание. М — среднее содержание микроэлемента; m — ошибка среднего; n — объем выборки (то же для табл. 2, 3).

Таблица 2. Средний микроэлементный состав Дерново-подзолистых почв, сформированных на моренных суглинках Приневской низменности

Горизонт	Показатель	Содержание микроэлементов, мг/кг почвы																	
		Li	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Sr	Y	Zr	Mo	Sb	Ba	Pb
P	M	25	10	5100	49	34	250	12	18	33	57	16	160	28	350	1,3	3	580	29
	m	1	1	200	2	1	30	1	1	2	3	1	10	1	20	0	0	20	2
Eg	n	36	13	40	36	36	35	35	33	34	32	36	32	36	33	37	15	37	33
	M	19	8	3600	54	36	320	11	17	32	53	13	67	21	240	1,0	3	440	16
EBg	m	2	0	200	5	3	50	1	1	2	5	1	8	2	30	0,1	0	30	2
	n	13	4	12	10	12	12	11	12	12	12	11	14	13	12	13	4	13	10
B _{1g}	M	21	8	4000	65	40	410	12	20	36	48	13	63	18	210	1,1	3	430	14
	m	2	0	300	4	3	30	1	1	2	4	1	6	1	20	0,1	0	10	2
B _{2g}	n	13	5	13	12	15	12	13	15	12	15	11	15	13	15	13	5	12	15
	M	21	9	3700	62	40	350	14	22	34	48	12	71	20	190	1,1	3	410	12
B _{2g}	m	1	1	200	3	2	30	1	1	1	2	0	7	1	10	0	0	10	1
	n	39	11	39	36	40	40	43	42	42	44	36	44	39	40	39	11	39	46
B _{2g}	M	22	8	3300	69	44	360	12	25	31	54	12	68	19	170	1,1	3	390	13
	m	1	0	300	4	3	60	1	1	2	5	1	8	1	10	0	0	20	2
B _{3g}	n	11	4	11	10	11	11	11	11	11	11	11	11	9	10	10	4	11	11
	M	20	9	3300	69	45	390	13	25	36	54	12	65	21	180	1,1	3	390	12
B _{3g}	m	1	1	100	2	2	30	1	1	2	3	0	4	1	9	0	0	10	2
	n	48	12	48	48	41	36	40	42	41	40	42	42	48	40	48	12	47	41
Cg	M	19	8	3300	67	42	350	10	23	36	47	11	76	19	190	1,1	2	380	9
	m	1	2	500	3	3	40	1	1	2	3	1	8	1	20	0	0	30	1
Cg	n	15	6	15	15	17	17	18	18	18	17	15	19	15	14	14	6	15	16

Таблица 3. Средний микроэлементный состав альфегумусовых почв, сформированных на флювиоглициальных песках Приневской низменности

Горизонт	Показатель	Содержание микроэлементов, мг/кг почвы															
		Li	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Sr	Y	Zr	Mo	Ba	Pb
P	M	17	3200	11	11	160	6	7	34	28	11	180	22	350	0,8	550	17
	m	1	200	1	1	20	1	1	1	2	1	10	1	30	0,1	20	2
	n	28	26	17	17	14	17	16	20	14	26	17	28	19	28	28	19
B ₁	M	16	2600	10	19	130	6	8	27	23	11	66	17	210	0,7	420	9
	m	1	300	1	2	16	1	1	2	2	1	8	1	20	0,1	10	1
	n	24	23	16	20	16	20	21	22	21	23	19	23	20	24	24	22
BC	M	16	2700	12	21	140	6	9	31	26	11	50	17	190	0,7	450	9
	m	2	300	2	3	20	1	1	2	4	1	0	2	30	0,1	20	1
	n	15	14	10	12	11	12	11	11	11	14	12	15	11	15	15	12
C	M	18	2500	13	21	100	8	11	30	24	12	61	18	170	0,7	420	8
	m	2	400	1	4	9	2	2	3	4	1	7	2	30	0,1	20	1
	n	11	10	5	9	7	9	8	9	7	11	9	11	8	10	11	8

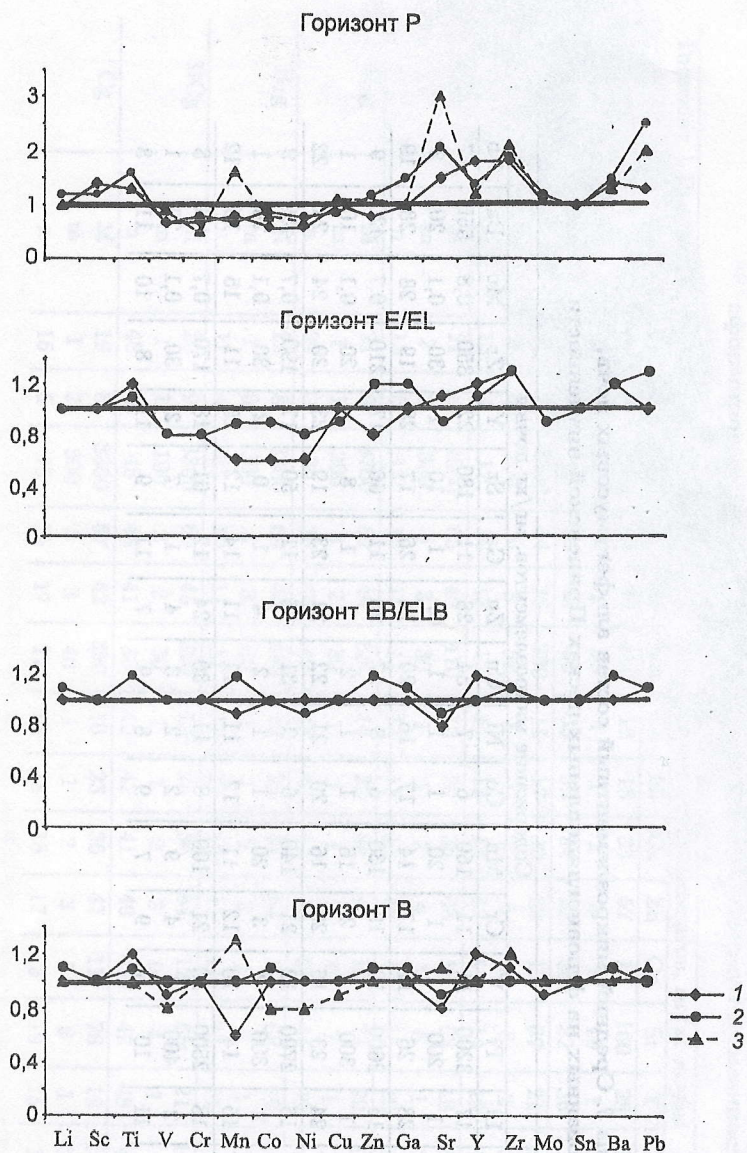


Рис. 2. Коэффициенты выноса-накопления по горизонтам почв по отношению к почвообразующей породе.

1 — поверхностно-элювиально-оглеенные почвы на ленточных глинах;
2 — дерново-подзолистые почвы на бескарбонатных моренных суглинках;
3 — альфегумусовые почвы на водно-ледниковых песках.

ся элювиально-иллювиальное распределение таких микроэлементов, как хром, свинец, цинк, никель, цирконий, кобальт и, конечно, в первую очередь — марганец.

В почвах на водно-ледниковых песках наблюдаются накопление в верхней части профиля Mn и тенденция к накоплению Zn, Cu, Mo.

Анализ распределения отдельных элементов. Кларки отдельных элементов в почвах, приводимые в этом разделе, взяты из работы А. П. Виноградова [4].

Li. Кларк лития в почвах — 30 мг/кг. Характер распределения Li одинаков у почв на

ленточных глинах и песках (равномерно по профилю). В почвах на моренных суглинках отмечается небольшое накопление лития в поверхностном горизонте. Содержания его в суглинистых почвах (20–25 мг/кг) заметно выше, чем в супесчаных (16–18 мг/кг), что согласуется с его распределением в породах земной коры [13].

Sc. Кларк скандия в почвах — 7 мг/кг. Характер распределения и абсолютное содержание скандия (8–11 мг/кг) одинаковы у всех почв. Максимум приходится на пахотный горизонт.

Ti. Кларк титана в почвах — 4600 мг/кг. Ti накапливается в поверхностных горизонтах всех почв (коэффициент аккумуляции — 1,3–6), но в песчаных — накопление выражено менее резко. Он не является биогенным элементом, но входит в состав твердых минералов — конечных продуктов выветривания основных пород (ильменит, рутил), что и вызывает его относительное накопление в поверхностных горизонтах [4]. Абсолютное содержание титана выше в почвах на ленточных глинах (4000–6000 мг/кг), чем в почвах на моренных суглинках (3000–5000 мг/кг) и песках (2500–3500 мг/кг).

V. Кларк ванадия в почвах — 100 мг/кг. Характер распределения одинаков во всех почвах: содержание ванадия растет вниз по профилю, и максимум приурочен к почвообразующей породе. Супесчаные почвы значительно беднее ванадием, чем суглинистые (11–13 мг/кг против 50–90 мг/кг), что связано с химическим составом пород.

Cr. Распределение хрома во всех почвах — элювиальное. Различия в содержании его между горизонтами, начиная с E1B (на песках — B), находятся в пределах ошибки. Почвы на моренных суглинках содержат 35–45 мг/кг хрома, почвы на ленточных глинах — 40–60 мг/кг. Это значительно ниже общемирового кларка (200 мг/кг). Самым низким содержанием хрома (в 2–4 раза меньшим, чем у почв на суглинистых отложениях) отличаются пески и сформированные на них почвы. Такое соотношение является типичным [17].

Mn. Содержание Mn отличается значительной вариабельностью, несмотря на которую, удается проследить его элювиальное распределение в суглинистых почвах и аккумулятивное — в супесчаных. Сложность поведения марганца в почвах связана с уровнем pH и Eh в профиле, а также с его неравномерным распределением в почвенной толще. В почвах на глинистых и суглинистых отложениях марганца в 2–3 раза больше, чем в почвах на песках. Содержание его в почвах Приневской низменности (300–450 мг/кг) значительно ниже кларка (850 мг/кг).

Co. Кларк кобальта в почвах — 8 мг/кг. Co распределен в профиле всех почв практически равномерно. Содержание Co составляет 10–15 мг/кг в суглинистых почвах и 6–8 — в супесчаных.

Ni. Кларк никеля в почвах — 40 мг/кг. Ni выносятся из поверхностных горизонтов. Содержание его в почвах на ленточных глинах составляет 20–30 мг/кг, в почвах на моренных суглинках — 18–25 мг/кг и в почвах на песках — всего 7–11 мг/кг. Аналогичные данные приводят К. И. Лукашев и Н. Н. Петухова [17] для почв Белоруссии — 11 мг/кг в супесчаных почвах и 25 мг/кг — в суглинистых.

Cu. Кларк меди в почвах — 20 мг/кг. Cu отличается наиболее равномерным распределением по профилю. Незначительное варьирование содержания ее по профилю различных почв отмечают и А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас [13], объясняя это явление склонностью данного элемента связываться с минеральными и органическими компонентами почвы. Содержание меди во всех рассмотренных почвах различается мало и близко к величине 30 мг/кг.

Zn. Кларк цинка — 50 мг/кг. Zn распределен по профилю почти равномерно. Однако в почвах на ленточных глинах можно отметить тенденцию элювиального, а в

почвах на песках — аккумулятивного распределения цинка. Почвы на ленточных глинах отличаются максимальным (50–60 мг/кг), а почвы на песках — минимальным (25–30 мг/кг) содержанием этого элемента. Содержание цинка в суглинистых почвах Приневской низменности значительно выше, чем приводимое в работе Ю. Н. Зборищука и Н. Г. Зырина [10] среднее по СССР, хотя и укладывается в предел колебаний данной величины: 35 мг/кг (9–77 мг/кг). В то же время почвы Приневской низменности содержат меньше цинка, чем почвы Северо-Запада в целом: 40–60 мг/кг в супесчаных и песчаных и 70–80 мг/кг в суглинистых разновидностях [18].

Ga. Галлий равномерно распределен по профилю. Его содержание в почвах на разных породах также мало различается, составляя 10–15 мг/кг. Эти величины соответствуют приводимым в литературе средним для СССР: 6–17 мг/кг [8], но заметно ниже общемирового кларка (30 мг/кг).

Sr. Стронций достоверно аккумулируется в поверхностных горизонтах в результате интенсивного биогенного накопления. Кроме того, Sr является одной из важнейших примесей в составе фосфорных удобрений. Наибольшее среднее его содержание отмечается в пахотном горизонте почв на песках (180 мг/кг) как результат их интенсивного окультуривания (внесения минеральных удобрений). Содержание стронция в почвах Приневской низменности примерно отвечает средним величинам для Северо-Запада России в целом [18], но ниже кларка в почвах мира (300 мг/кг).

Y. Иттрий аккумулируется в поверхностных горизонтах. Он привносится в почвы с фосфорными удобрениями, в которых коэффициент обогащения Y относительно кларка земной коры составляет от 2 до 10 [7]. Наибольшая аккумуляция иттрия в пахотном горизонте отмечается в почвах на ленточных глинах (36 мг/кг), а наименьшая — в почвах на песках (22 мг/кг).

Zr. Кларк циркония в почвах составляет 300 мг/кг. Zr также аккумулируется в поверхностных горизонтах. Это объясняется тем, что он входит в состав сложного и выветриванию минерала циркона. Наиболее высоким содержанием этого элемента отличаются почвы на ленточных глинах (390 мг/кг в Апах), что связано с его повышенным содержанием в породе.

Mo. Молибден распределен в профиле почв равномерно, с тенденцией к биогенному накоплению. Содержание Mo в почвах Приневской низменности составляет 0,8–1,1, наименьшим отличаются почвы на песках. Эти величины заметно ниже, чем средние в почвах Северо-Запада — 1,7 мг/кг и в почвах Европейской России — 1,65 мг/кг [10], а также почвенный кларк — 2,0 мг/кг.

Sn. Кларк олова в почвах — 10 мг/кг. Распределение Sn в профиле почв равномерное, содержание в разных почвах практически одинаково — 3 мг/кг. Ему свойственна слабая тенденция к накоплению в перегнойно-аккумулятивных горизонтах почв, вне зависимости от гранулометрического состава.

Ba. Барий аккумулируется в поверхностных горизонтах. Ba принадлежит к той же подгруппе таблицы Менделеева, что и Sr, но накапливается менее энергично. Содержание бария в почвах на разных породах различается незначительно, составляя 400–500 мг/кг. Это несколько выше, чем приводимые средние для почв Северо-Запада [18] — 250–290 мг/кг в супесчаных и песчаных и 356 мг/кг в среднесуглинистых разновидностях, но ниже общемирового среднего — 650 мг/кг, по А. П. Виноградову [4].

Pb. Кларк свинца в почвах — 10 мг/кг. Для большинства почв характерна аккумуляция его в поверхностных горизонтах, которая, согласно А. Кабата-Пендиас и Х. Пендиасу [13], в основном объясняется связыванием свинца органическим веществом. По абсолютному содержанию свинца в профиле на первом месте стоят почвы на ленточ-

в глинах, что связано с его повышенным содержанием в породе. Уровень содержания в изученных почвах примерно соответствует среднему в почвах Северо-Запада [18] и составляет 10–30 мг/кг в глинистых и суглинистых почвах и 10–15 мг/кг в супесчаных. *Подвижные элементы, извлекаемые 1,0 н. солянокислой вытяжкой.* Согласно Б. Ильину [12], в данную вытяжку переходят те формы микроэлементов, которые оставляют их ближний резерв в почве.

Нами были исследованы почвы на ленточных глинах с разной степенью выраженности элювиально-глеевого процесса и на водно-ледниковых песках — оглеенная и автоморфная.

Можно отметить, что песчаные почвы по сравнению с глинистыми значительно беднее подвижным бором. В отношении остальных элементов существенной разницы между контрастными по гранулометрическому составу почвами не наблюдается. Содержание подвижного бора колеблется в разных почвах от 0,00 до 1,68 мг/кг (табл. 4).

Максимальное его количество в абсолютном большинстве случаев приходится на гумусо-аккумулятивные горизонты. Интересно, что пахотный горизонт может быть при этом обеднен бором по сравнению с лежащим под ним A_1 (разрезы 68 и 202). Может наблюдаться обеднение подвижным бором элювиальных (в том числе — глеевых) и переходных горизонтов (разрезы 23, 68, 22, 150).

В почвах на ленточных глинах выявляются следующие закономерности распределения подвижных элементов. В разнородностях, где оглеение выражено слабо, наибольшее содержание (и абсолютное, и в долях от валового) марганца, меди, цинка и даже железа наблюдается в пахотном горизонте, а молибдена — в горизонте A_1 (разрез 68 — почва с признаками поверхностного оглеения). Мы полагаем, что это явление объясняется как усилением подвижности элементов в верхнем горизонте, испытывающем периодическое переувлажнение, так и — для элементов-нутриентов — влиянием биогенной аккумуляции.

При нарастании степени оглеения в глееватых почвах (разрезы 93, 22) подвижные формы микроэлементов выносятся из верхних горизонтов и накапливаются в горизонте Bg. Исключение составляет марганец, обладающий высокой подвижностью в поверхностном горизонте.

В глеевых почвах (разрезы 23, 151) наблюдается обеднение подвижными элементами верхней толщи профиля по сравнению с нижней (глубже 50–70 см). При этом уменьшается абсолютное (в мг/кг) содержание элементов, а доля подвижных форм от валового количества остается высокой. Таким образом, можно говорить о таком возрастании подвижности марганца, меди и цинка по мере развития процессов оглеения в глинистых почвах, которое приводит к уменьшению содержания этих элементов (подвижных форм, а затем и общего) в поверхностных горизонтах профиля.

Две исследованные нами песчаные почвы — автоморфная и глееватая — достаточно явно различаются по распределению подвижных элементов в профиле. В автоморфной почве (разрез 150) наблюдается элювиально-иллювиальное перераспределение подвижных марганца, железа, меди и цинка. Наибольшая доля подвижных форм отмечается, однако, в пахотном горизонте. В глееватой почве картина более сложная. Подзолистый горизонт резко обеднен как валовыми, так и подвижными формами всех элементов. Относительная аккумуляция марганца, меди и цинка наблюдается в пахотном горизонте и в нижней части профиля, испытывающей переувлажнение. Высокое содержание подвижного железа отмечается, естественно, в иллювиально-железистом горизонте.

Солянокислая вытяжка является стандартной для оценки содержания подвижной меди. Этот факт позволяет нам отметить, что большинство рассматриваемых почв

Таблица 4. Общее содержание и содержание подвижных форм микроэлементов в почвах на ленточных глинах и водно-ледниковых песках Приневской низменности

Название почвы, № разреза	Горизонт	Глубина, см	Содержание микроэлементов, мг/кг почвы													
			подвижных форм						валовое						% подвижных форм от валового состава	
			В	Mn	Cu	Zn	Mo	не определено	Mn	Cu	Zn	Mo	не определено	Mn	Cu	Zn
Дерново-поверхностно-элювиально-слаборазвита, р. 93	P	0-20	1,57	135,8	2,5	2,7	0,000	400	30	50	1,2	34	8	5	0,0	
	A1g	20-30	0,28	45,5	1,9	3,2	0,012	150	30	40	1,0	30	6	8	1,2	
	B1g	40-50	0,53	41,3	2,2	5,9	0,000	60	30	30	1,0	69	7	20	0,0	
	B1s	50-60	0,27	34,3	3,2	3,5	0,000	150	40	30	1,2	23	8	12	0,0	
	B1g	60-70		33,9	3,2	6,1	0,011	80	30	40	1,0	42	11	15	1,1	
	B1g	90-100	0,56	32,6	2,8	3,9	0,012	150	40	40	1,2	22	7	10	1,0	
	BCg	120-130	0,69	27,1	2,2	3,1	0,016	60	30	30	1,0	45	7	10	1,6	
	A1	0-10	1,68	29,5	5,6	3,1	0,012	100	40	50	1,0	30	14	6	1,2	
	G	28-38	0,00	11,4	6,4	4,1	0,011	120	30	80	0,8	10	21	5	1,4	
	То же глеевая, р. 23	Bg	50-60	0,26	34,2	7,9	7,7	0,05	100	40	80	1,0	34	20	10	1,5
BCg		68-78	0,25	112,5	7,8	5,0	0,026	600	40	60	1,0	19	19	8	2,6	
DG		100-120	0,00	447,1	12,6	13,0	0,000	600	30	60	1,0	75	42	22	0,0	
P		0-10	0,18	42,9	4,5	3,5	0,000	150	25	40	1,0	29	18	19	0,0	
B1		40-50	0,00	4,4	2,9	7,8	0,010	250	30	50	0,5	2	10	7	2,0	
Bg		70-80	0,15	12,8	6,0	10,0	0,000	150	40	50	0,5	9	15	16	0,0	
То же, р. 51	BC	110-120	0,15	21,6	5,8	7,5	0,000	200	40	60	0,8	11	15	17	0,0	
	P	0-12	0,27	115,5	6,7	7,7	0,022	150	50	80	0,8	77	13	10	2,8	
	A1g	12-22		не определено				150	40	60	0,8					
	Bg	50-60	0,00	58,7	4,3	10,3	0,012	200	30	60	0,8	29	14	17	1,5	
То же, р. 91	BCg	65-75	0,40	63,3	3,6	7,7	0,010	200	50	40	1,0	32	7	19	1,0	
	CG	80-90	0,23	58,2	3,8	8,7	0,000	150	50	60	1,0	39	2	15	0,0	
	P	0-26	0,23	112,3	5,7	12,9	0,000	400	40	30	1,2	28	14	43	0,0	
	A1	26-36	1,44	114,3	3,9	17,6	0,040	600	40	30	1,2	19	10	59	3,3	
слаборазвита, р. 68	ELB	39-46	0,17	37,3	4,2	5,2	0,010	400	60	30	1,5	9	7	17	0,7	
	B	50-60	0,31	53,4	3,5	7,2	0,010	400	50	40	1,0	13	7	18	1,0	
	BC	90-100	0,31	47,9	3,1	5,3	0,070	400	50	40	1,0	12	6	13	7,0	
	C	120-130	0,16	65,3	5,2	12,4	0,010	400	50	40	1,0	16	10	30	1,0	

Окончание табл. 4

Название почвы, № разреза	Горизонт	Глубина, см	Содержание микроэлементов, мг/кг почвы																	
			подвижных форм							валовое							% подвижных форм от валового состава			
			B	Mn	Cu	Zn	Mo	Mn	Mo	Cu	Zn	Mo	Mn	Cu	Zn	Mn	Cu	Zn	Mo	
То же глиеватая, р. 22	A ₁	0-10	0,73	40,2	5,5	4,8	0,000	300	30	30	1,2	13	18	16	0,0					
	A ₁	24-34	0,26	23,3	3,9	3,7	0,000	150	40	40	1,2	15	10	9	0,0					
	E1B _g	36-46	0,23	34,3	4,7	4,1	0,000	250	30	30	0,8	14	16	14	0,0					
	B _g	53-63	0,38	16,9	6,2	5,1	0,019				не определялось									
	BC	70-80	0,22	9,1	4,0	9,1	0,009	150	40	40	1,0	6	10	23	0,9					
	C	125-135	0,24	10,7	3,6	10,7	0,000	150	40	50	1,2	7	10	21	0,0					
	Альфегумусовая на песках, р. 150	P	0-10	0,23	71,6	8,8	12,7	0,000	200	40	30	1,2	36	22	42	0,0				
		E	40-47	0,00	3,1	3,1	1,6	0,000	150	30	30	0,5	2	10	5	0,0				
		E _B	50-60	0,15	17,5	4,9	6,0	0,010	150	30	40	0,8	12	16	15	1,3				
		B	70-80	0,17	152,9	7,2	11,0	0,011	600	40	50	1,0	26	18	22	1,1				
BC _g		140-150	0,15	105,0	5,8	10,4	0,000	800	40	60	1,0	13	14	17	0,0					
То же глиеватая, р. 202	P	0-20	0,00	42,1	0,8	4,1	0,000	200	40	20	0,8	21	2	21	0,0					
	A ₁	20-30	0,40	42,8	0,8	5,6	0,000	150	25	30	1,0	29	3	19	0,0					
	E	40-50	0,32	1,0	0,2	0,3	0,008	80	15	5	0,2	1	1	6	4,0					
	B _{fe}	53-63	0,23	1,5	0,2	0,9	0,000	80	25	20	0,8	2	1	5	0,0					
	B _{fe}	63-73	0,20	10,4	0,0	0,3	0,000	80	30	20	0,8	13	0	2	0,0					
	B _{2g}	82-92	0,19	27,8	0,0	0,3	0,000	80	15	5	0,2	35	0	6	0,0					
	BC	94-104	0,00	32,3	3,0	7,3	0,008	80	30	30	3	4	10	23	0,0					

относятся к разряду богатых и очень богатых подвижной медью, за исключением песчаной почвы (разрез 202), бедной этим элементом (в соответствии с критериями, приведенными в книге «Агрохимические методы исследования почв», [1]). Более того, известно, что предельно допустимая концентрация (ПДК) подвижной меди в почвах составляет 3 мг/кг [19], т. е. согласно нормативам, большинство рассматриваемых нами почв опасно загрязнены этим элементом.

Содержание подвижного молибдена в изученных почвах колеблется от 0,01 до 0,07 мг/кг, что составляет 0–7% от общего. Такая низкая доля подвижных форм элемента может быть связана с тем, что молибден — элемент, слабоподвижный в кислой среде и легкоподвижный в щелочной [14]. В то же время и традиционно применяемый для вытеснения подвижного молибдена оксалатный буфер (метод Григга) имеет рН 3,3: кислая реакция отвечает составу корневых выделений растений [1].

Выводы. 1. Среди почвообразующих пород наибольшим запасом микроэлементов отличаются ленточные глины, а наименьшим — флювиогляциальные пески. Эта же закономерность распространяется и на почвы, сформированные на соответствующих породах. 2. В поверхностных горизонтах исследованных почв аккумулируются по сравнению с породой следующие микроэлементы: Ti, Sr, Y, Zr, Ba, Pb. 3. Элювиальный характер носит распределение Cr и Ni. 4. Распределение Mn является элювиальным в почвах на ленточных глинах и моренных суглинках и аккумулятивным — в почвах на песках. 5. Для большинства подвижных микроэлементов, извлекаемых 1,0 н. HCl, отмечаются биогенная аккумуляция и элювиально-иллювиальное распределение (B, Mn, Cu, Zn). Доля подвижных марганца, меди и цинка в почвах тяжелого гранулометрического состава не ниже, а иногда и выше, чем в песчаных. Отмечается рост подвижности этих элементов по мере развития оглеения. 6. Содержание подвижной меди в большинстве рассматриваемых почв превышает ПДК.

Summary

Matinian N. N., Bakhmatova K. A. Microelemental composition of soils of Prinevskaya lowland. The general content of 18 microelements in soils of Prinevskaya lowland has been characterized. The content of mobile microelements B, Mn, Cu, Zn, Mo in 1.0n HCl extraction was investigated. The geochemical peculiarities of different soils have been shown.

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв. М., 1975.
2. Благовидов Н. Л. Почвы Ленинградской области. Л., 1946.
3. Веденин О. Л., Ксенофонтова В. А. Изменение свойств почв Ленинградской области при интенсивном земледелии. Научные основы охраны почв Ленинградской области // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. Вып. 38. М., 1986. С. 3–6.
4. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М., 1957.
5. Владимирова М. Н. Изменение содержания и состава гумуса в тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почвах при внесении высоких доз органических удобрений // Записки ЛСХИ. Т. 206. Л., 1973. С. 30–34.
6. Гагарина Э. И., Матинян Н. Н., Счастливая Л. С., Касаткина Г. А. Почвы и почвенный покров Северо-Запада России. СПб., 1995.
7. Геохимия окружающей среды. М., 1990.
8. Грибовская И. Ф., Летунова С. В., Романова С. И. Микроэлементы в органах бобовых растений // Агрохимия. 1968. № 3. С. 81–86.
9. Зборищук Ю. Н., Зырин Н. Г. Содержание B, Mn, Co, Cu, Zn, Mo в почвах Европейской части СССР // Агрохимия. 1974. № 3. С. 88–94.
10. Зборищук Ю. Н., Зырин Н. Г. Медь и цинк в пахотном слое почв Европейской части СССР // Почвоведение. 1978. № 1. С. 38–43.
11. Зырин Н. Г. Распределение и варьирование содержания микроэлементов в почвах Русской равнины // Почвоведение. 1968. № 7. С. 5–11.
12. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва — растение. Новосибирск, 1991.

13. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989. 14. Ковда В. А. Биогеохимия почвенного покрова. М., 1985. 15. Козлов А. В. Режим влажности и плотности дерново-подзолистых глееватых суглинистых почв Приневской низменности в годичном цикле: Автореф. канд. дис. Л., 1975. 22 с. 16. Литвинович А. В. Изменение состава и свойств дерново-подзолистых глееватых почв и их тонкодисперсных фракций при осушении и длительном сельскохозяйственном использовании: Автореф. канд. дис. Л., 1985. 16 с. 17. Лукашев К. И., Петухова Н. Н. Микроэлементы в ландшафтах Белорусской ССР // Почвоведение. 1974. № 8. С. 47-53. 18. Матильян Н. Н., Гагарина Э. И., Счастливая Л. С., Сапрыкин Ф. Я., Кулачкова А. Ф. Геохимическая характеристика почвенного покрова Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР // Вестн. Ленингр. ун-та. 1985. № 9. С. 91-99. 19. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почв химическими веществами. М., 1987. 20. Орельская Н. Г. Дерново-слабоподзолистые почвы химическими веществами. М., 1987. 21. Почвенно-геохимические карты Ленинградской области. Масштаб 1: 600000. Объяснительная записка. Л., 1984. 22. Почвы Ленинградской области. Л., 1973. 23. Прасолов Л. И. Естественные условия сельского хозяйства в Петроградском подстоличном районе // Почвы Шушарской фермы. Пг., 1922. 24. Ризположенский Р. В. Описание Петроградской губернии в почвенном отношении. Казань, 1922.

Статья поступила в редакцию 14 октября 1999 г.