

**МИНЕРАЛОГИЯ ПОЧВ**

УДК 631.4 : 549.905.8

Е. А. ЯРИЛОВА, Д. М. ЕЛЬКИНА

**СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ, ЦИНКА И КОБАЛЬТА В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ  
И ПРОДУКТИВНОСТЬ ДРЕВОСТОЕВ**

Показано, что состав первичных минералов почвообразующих пород определяет содержание микроэлементов в почвах, а при оптимальных водно-воздушных условиях и продуктивность древостоев, произрастающих на этих породах.

Первичные минералы в песчаных почвах являются важным источником питания для растений. Первые опыты по выяснению усвоения элементов питания из минералов были поставлены еще в 1901 г. Д. Н. Прянишниковым. Vegetационными опытами было установлено, что калий, заключающийся в слюдах, в значительной степени усваивается растениями [12]. Дальнейшее изучение связи между минералогическим составом и содержанием макроэлементов в почвах проводилось многими авторами [19, 15, 16, 2, 3, 5, 1, 6, 14, 17].

Многие минералы, находящиеся в почвах, содержат в своем составе ряд микроэлементов [10]: ортоклазы — Rb, Ba, Sr, Ga, Cu; биотит — Rb, Ba, Ni, Co, Sc, Li, V, Zn, Cu, Ga, F, Sr, Cs, Cr; мусковит — F, Rb, Ba, Sr, Ga, V; ильменит — Co, Ni, Cr, V; магнетит — Zn, Co, Ni, Cr, V; роговая обманка — Ni, Co, Se, Li, V, Zn, Cu, Ga, Cr, Sr; эпидот — Sr, Cr; гранаты — Cr, Ga, I, V, Zr, Be; циркон — Zr, Hf, I, Cl, Nb, Ta, Th, U, Sn; турмалин — B, Li, F, Ga, Sn, Be, Cu, Cs, Ba, Cr; титанит — V, Sn, Cr, Zr, F; редкоземельные; ставролит — Zn; апатит — Sr, F, Pb.

Плодородие почв и продуктивность древостоев, как известно, тесно связаны с механическим составом, обуславливающим водно-физические свойства почвы: с увеличением содержания мелких фракций продуктивность древостоев обычно возрастает. Однако исследованиями Тамма и Виттиха [18, 20] было показано, что плодородие некоторых грубых песков Германии выше, чем тонких песков, и на первых развиты лесные насаждения более высокого класса бонитета. Это объясняется более высоким содержанием легковыветривающихся силикатов в грубых песках.

В исследованных нами песчаных почвах Мещерской низменности с весьма низким содержанием физической глины и подвижных химических элементов [7] роль первичных минералов в питании сосны макро- и микроэлементами немаловажна. Поэтому представляло интерес выявление связи между составом минералов, содержанием в почве микроэлементов и продуктивностью древостоев.

Размерные фракции для минералогического анализа выделяли по методике Горбунова [4]. Дальнейшую подготовку образцов, определение и подсчет минералов проводили по прописи в руководстве Парфеновой и Яриловой [10]. На тяжелую и легкую фракции минералы делили в растворе Туле с удельным весом 2,75. Минералы во фракции

$>0,25$  мм определяли под бинокулярной лупой, во фракциях  $0,25-0,10$  и  $0,10-0,01$  мм — иммерсионным методом. Подсчитывали не менее 200 зерен в каждой фракции.

Минералогический состав определяли в почвах, сформированных на отложениях, наиболее отличающихся друг от друга по своему происхождению, в различных типах сосняков: лишайниковых, зеленомошных, сложных и черничниках. Было выбрано 5 пробных площадей (пр. пл.).

Пр. пл. 1 — сосняк лишайниковый IV класса бонитета, сформированный на эоловых дюнных песках, на террасе р. Киржача в Приклязьминской левобережной Мещере. Почва сильноподзолистая: под серым оподзоленным гор.  $A_1A_2$  (мощностью около 10 см) залегает ярко выраженный гор.  $A_2$ , который языками проникает до глубины 45 см. Иллювиальный бурый гор.  $B_1$  сменяется гор.  $BC$  желтого цвета.

Содержание среднего и мелкого песка во всех горизонтах превышает 97%, а физической глины составляет лишь 0,6—1,5% (табл. 1).

Таблица 1

Механический состав почв (выделение фракций по Н. И. Горбунову [4])

Номер пробной площади	Тип сосняка, почва	Горизонт	Глубина, см	Потери от обработки	Содержание фракций, %; размер частиц, мм						
					1,00—0,25	0,25—0,10	0,10—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	$<0,001$	$<0,01$
1	Лишайниковый, сильноподзолистая	$A_1A_2$	4—16	0,35	55,51	44,19	1,49	0,24	0,42	0,56	1,22
		$A_2$	17—36	0,38	50,59	47,00	1,44	0,24	0,13	0,20	0,57
		$B_1$	37—76	0,32	50,10	46,47	1,38	0,41	0,29	0,82	1,52
		$B_2C$	77—170	0,40	51,05	47,39	0,47	0,25	0,13	0,26	0,64
2	Лишайниково-зеленомошный, слабоподзолистая	$A_1A_2$	2—11	0,67	30,08	60,15	3,83	1,87	1,83	1,56	5,26
		$B_1$	12—24	0,61	34,45	59,55	1,97	1,37	0,93	1,10	3,40
		$B_2$	25—70	0,95	32,96	62,16	1,37	1,20	0,76	0,56	2,52
		$BC$	103—150	0,34	38,12	60,64	0,36	0,06	0,11	0,26	0,55
12	С елью чернично-брусничный, слабоподзолистая	$A_1A_2$	8—29	1,12	38,43	37,57	13,95	2,63	3,14	2,82	8,64
		$B_1$	30—57	0,88	32,92	42,29	15,82	2,17	2,63	3,26	8,06
		$B_3$	58—97	1,20	9,42	25,63	50,85	2,56	4,06	6,26	12,88
		$B_5$	121—150	0,30	43,42	41,92	6,26	0,26	1,14	6,20	7,60
		$C$	181—210	0,77	37,67	45,11	12,18	0,43	0,92	2,95	4,30
15	Черничник, среднемошный подзол	$A_2$	8—35	0,60	23,28	71,09	3,32	0,91	0,20	0,59	1,70
		$B_1$	40—50	1,59	25,61	63,06	4,95	2,43	1,37	1,00	4,80
		$B_3$	101—125	0,37	21,49	69,01	6,95	0,20	0,30	1,63	2,18
		$C$	166—230	0,73	33,78	48,87	6,68	0,56	1,99	7,34	9,89

В этой почве среди минералов резко преобладает кварц — от 77% в гор.  $B_1$  до 97% в гор.  $A_2$  (рис. 1). Плагноклазов в гор.  $A_1A_2$  всего 1%, в гор.  $A_2$  они не обнаружены. В нижних горизонтах плагноклазов значительно больше — 7—9%, причем они находятся в основном во фракции  $0,25-0,10$  мм. Содержание ортоклазов в горизонтах  $A_1A_2$  и  $B_1$  почти одинаково (около 10%), в подзолистом оно резко падает ( $<1\%$ ), в гор.  $B_2C$  составляет 4%. Большие различия по горизонтам наблюдаются в содержании слюд. В горизонтах  $A_1A_2$  и  $A_2$  слюды встречаются единично, в гор.  $B_1$  их немного больше 1%. В гор.  $B_2C$ , наименее измененном процессами почвообразования, слюд содержится около 4%, причем среди них преобладает мусковит. Тяжелые минералы представлены устойчивыми к выветриванию цирконом, гранатами, ставролитом (рис. 2). В гор.  $A_1A_2$  их немного больше (около 2%), чем в гор.  $B_1$  и  $B_2C$ . В подзолистом горизонте тяжелых минералов всего 0,6%.

Между минералогическим составом и содержанием микроэлементов отмечается связь. Сравнительно высокая концентрация меди и цинка в гор.  $A_1A_2$  (табл. 2), возможно, связана с тем, что здесь больше ортоклазов — носителей меди, и ставролита, богатого цинком. Очень низкое

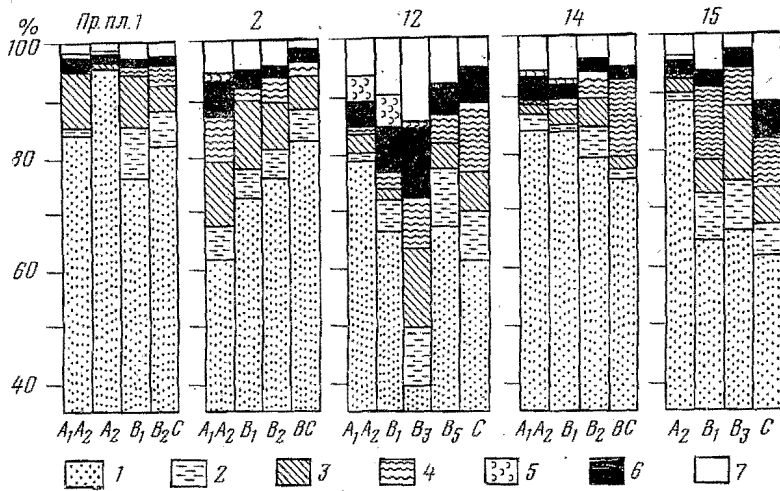


Рис. 1. Минералогический состав фракций почв 1,00—0,01 мм

1 — кварц, 2 — плагиоклазы, 3 — ортоклазы, 4 — слюды, 5 — биотиты, 6 — тяжелые минералы, 7 — фракция <0,01 мм

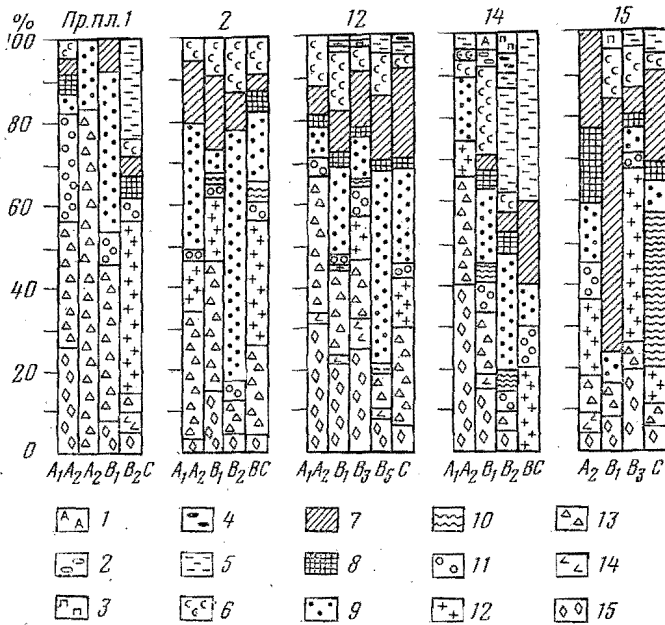


Рис. 2. Содержание тяжелых минералов во фракции 1,00—0,01 мм, % от числа зерен

1 — апатит, 2 — эпидот, 3 — пироксены, 4 — силлиманит, 5 — хлорит, 6 — роговая обманка и другие амфиболы, 7 — эпидот, 8 — дистен, 9 — рудные минералы, 10 — турмалин, 11 — ставролит, 12 — титанит, 13 — гранаты, 14 — рутил, 15 — циркон

содержание микроэлементов в гор.  $A_2$  можно объяснить крайней бедностью этого горизонта алюмосиликатами (слюды и полевые шпаты) и тяжелыми минералами. В гор.  $B_1$  вновь возрастает содержание ортоклазов, а также биотита, богатого этими микроэлементами. Соответственно увеличивается концентрация цинка и кобальта. В гор.  $B_2C$  наблюдается резкое уменьшение количества цинка, что соответствует низкому содержанию биотита. Однако количество меди и кобальта здесь остается неизменным.

Таблица 2

## Валовое содержание микроэлементов в почвах

Номер пробной площади	Тип сосняка, почва	Горизонт и глубина, см		Содержание, мг/кг почвы		
				Cu	Zn	Co
1	Лишайниковый, сильно-подзолистая	A <sub>0</sub>	0—3	7,5	76,2	1,3
		A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	4—16	2,9	12,5	0,4
		A <sub>2</sub>	17—36	Следы	8,5	0,3
		B <sub>1</sub>	37—76	0,2	21,3	0,9
		B <sub>2</sub> C	77—170	0,2	2,5	0,8
2	Лишайниково-зеленомошный, слабоподзолистая	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	2—11	3,5	32,5	0,9
		B <sub>1</sub>	12—24	1,4	12,5	0,7
		B <sub>2</sub>	25—70	2,6	12,5	0,7
		BC	103—150	2,3	5,0	0,8
12	С елью чернично-брусничный, слабоподзолистая	A <sub>0</sub>	4—7	21,3	210,0	3,3
		A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	8—29	1,5	72,5	2,8
		B <sub>1</sub>	30—57	1,9	50,0	2,4
		B <sub>2</sub>	58—97	1,9	25,0	2,0
14	Сложный, слабоподзолистая	A <sub>0</sub>	0—3	14,2	110,0	1,3
		A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	4—7	4,2	50,0	1,5
		B <sub>1</sub>	8—38	1,6	25,0	0,5
		B <sub>2</sub>	39—75	2,4	30,0	0,8
		BC	106—130	2,7	37,5	0,5
15	Черничник, среднемощный, подзол	A <sub>0</sub>	3—7	4,8	65,0	0,9
		A <sub>2</sub>	8—35	0,8	22,5	0,1
		B <sub>1</sub>	40—50	0,9	38,8	0,5
		B <sub>2</sub>	101—125	7,3	33,7	1,7
		C	166—230	7,2	18,8	4,2

Пр. пл. 2 — сосняк лишайниково-зеленомошный III класса бонитета, сформированный на древнеаллювиальных песках на II террасе Оки. Почва слабоподзолистая. Оподзоленность визуально почти не заметна, в гор. A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> темно-бурого цвета видны размытые прожилки более светлой окраски. Иллювиальный гор. B<sub>1</sub> резко отличается от верхнего желто-бурой окраской, большой плотностью. Остальные иллювиальные горизонты к низу профиля осветляются.

Почва также очень грубого механического состава: мелкий и средний песок составляют 90—99%, содержание физической глины уменьшается от 5% в гор. A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> до 0,5% в гор. BC.

Количество кварца постепенно увеличивается с глубиной (от 62 до 83%), что, вероятно, объясняется неоднородным минералогическим составом аллювиальных песков, на которых сформирована данная почва. Содержание полевых шпатов по горизонтам мало изменяется (от 11 до 17%). Оно довольно близко в разных фракциях, только в гор. A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> наблюдается явное обеднение этими минералами мелкой фракции (0,10—0,01 мм). Количество слюд (биотита и мусковита) по горизонтам колеблется значительно. Больше всего их в гор. A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> — около 9%, в гор. B<sub>1</sub> — менее 2%, в нижних горизонтах — 3—4%. Относительное содержание биотита выше в мелкой фракции, только в гор. A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> его, как и полевых шпатов, больше в крупной фракции (0,25—0,10 мм). Тяжелых минералов содержится больше в верхнем горизонте (около 6%). Это можно объяснить относительным накоплением в процессе выветривания устойчивых минералов, таких, как гранаты, титанит, рудные минералы. В других горизонтах содержание тяжелых минералов довольно близко (2,2—3,3%).

В данной почве особенно четко выявляется связь между содержанием микроэлементов и биотита. В гор. A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> наибольшему количеству биотита соответствует и самое высокое содержание этих элементов.

В гор. В<sub>1</sub> содержание биотита уменьшается почти в 7 раз, резко уменьшается и содержание микроэлементов, особенно меди и цинка. В гор. В<sub>2</sub> некоторому увеличению количества биотита соответствует возрастание содержания меди.

Пр. пл. 12 — сосняк с елью чернично-брусничный Ia класса бонитета (из группы зеленомошных сосняков), произрастает на Днепровской морене в районе Егорьевского плато. Почва слабоподзолистая. Признаки оподзоливания проявляются в виде небольшой присыпки между подстилкой и гор. А<sub>1</sub>А<sub>2</sub>. Почвенная толща весьма неоднородна, горизонты отличаются по цвету, плотности, механическому составу. В двух верхних горизонтах песок составляет примерно 76%, в гор. В<sub>2</sub> — всего 35%, в гор. В<sub>3</sub> и С — около 85%. В трех верхних горизонтах содержание физической глины более 8%. Весьма неоднороден и минералогический состав почвы. Содержание кварца в целом меньше, чем в других почвах, и по профилю изменяется в широких пределах: в гор. А<sub>1</sub>А<sub>2</sub> его почти 80%, в гор. В<sub>3</sub> — менее 40%, в остальных — около 60%. Полевых шпатов в верхних горизонтах содержится немного (5—7%), больше всего их в гор. В<sub>3</sub> (почти 24%), в гор. В<sub>2</sub> и С — около 15%. Причем их относительное содержание значительно больше в крупной фракции, чем в мелкой. Особенно ясно это выражено для ортоклазов. Содержание слюд увеличивается с глубиной от 1,6 до 12,1%, и везде, кроме гор. С, преобладает биотит. Содержание тяжелых минералов по профилю также широко колеблется — от 4% в гор. А<sub>1</sub>А<sub>2</sub> до 13% в гор. В<sub>3</sub>. Верхние два горизонта этой почвы выделяются весьма высоким содержанием опаловых биолитов (около 4%), что можно объяснить присутствием в растительном покрове ели. В опавшей еловой хвое количество кремнезема достигает 70% от веса чистой золы [10], и при длительном развитии почвы обогащение ее биогенным кремнеземом может быть очень значительным.

Содержание микроэлементов в этой почве определено только в верхних трех горизонтах. Количество меди в них почти одинаково, наблюдается лишь небольшое его увеличение сверху вниз. Это можно связать с увеличением в этом же направлении содержания ортоклазов и биотита. В распределении цинка по профилю наблюдается обратная картина — уменьшение его содержания сверху вниз, что трудно объяснить изменением минералогического состава. В этой почве с довольно высоким содержанием физической глины распределение кобальта, очевидно, зависит от содержания этой фракции.

Пр. пл. 14 — сосняк сложный Ia класса бонитета на правом берегу Оки, развитый на перигляциальных наносах, которые в нижней части перемешаны с моренными отложениями. Почва слабоподзолистая. Под супесчаным гор. А<sub>1</sub> темно-серого цвета залегает желтовато-палевый песок — гор. А<sub>2</sub>В<sub>1</sub>. В гор. В<sub>3</sub> с глубины около 80 см встречается много камней (размером до 4 см). Книзу профиля камней становится больше и плотность почвы заметно возрастает. Глубже разреза (130 см), видимо, залегают горизонты, более богатые питательными веществами: корни сосны вертикально уходят в глубь разреза.

Содержание кварца весьма высокое и по профилю мало изменяется (83—77%), постепенно снижаясь сверху вниз. Основная масса кварца сосредоточена в самой крупной фракции, где другие минералы встречаются единично. В нижнем горизонте в крупных зернах кварца есть включения тяжелых минералов. Содержание полевых шпатов мало изменяется по горизонтам: в гор. В<sub>2</sub> их больше 10%, в остальных — около 4% (ортоклазов и плагиоклазов везде примерно поровну). Относительно их больше в крупной фракции, чем в мелкой, особенно в гор. А<sub>1</sub> и А<sub>2</sub>В<sub>1</sub>. Распределение слюд неравномерное: в гор. А<sub>1</sub> — менее 1%, в горизонтах А<sub>2</sub>В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> — 2—5%, в гор. ВС — более 13% (в этом горизонте фракция 0,10—0,01 мм почти на 70% состоит из биотита). Количество

тяжелых минералов уменьшается по профилю сверху вниз с 4,7 до 0,7%. В верхних горизонтах преобладают циркон, гранаты, рудные минералы.

В гор.  $A_1$  весьма высокую концентрацию микроэлементов вряд ли можно объяснить минералогическим составом. Видимо, этот горизонт обогащается элементами питания, в том числе и микроэлементами, за счет более активного биологического поглощения их из нижних богатых горизонтов. В гор.  $A_2B_1$  с незначительным содержанием алюмосиликатов меньше и количество микроэлементов. В гор.  $B_2$  возрастает содержание биотита и концентрация микроэлементов также немного увеличивается. В нижнем гор.  $BC$  наблюдается второй максимум концентрации микроэлементов, что, вероятно, объясняется резким возрастанием количества биотита.

Пр. пл. 15 — в сосняке черничнике II класса бонитета, произрастающем на флювиогляциальных отложениях (восточная часть Гусевско-Колпской Мещеры). Почва — среднемощный подзол. Непосредственно под подстилкой залегает подзолистый горизонт мощностью 25—30 см, который сменяется очень плотным гор.  $B_1$  неоднородного ржаво-бурого цвета. Нижние горизонты более светлые, пестрые по окраске и плотности. По механическому составу почва неоднородная: рыхлая песчаная толща на глубине 120 см подстилается суглинком, под которым залегает супесчаный гор.  $C$ . Минералогический анализ суглинистого горизонта не проводили.

В данной почве на состав и распределение минералов заметно влияет интенсивное подзолообразование. Кварц в гор.  $A_2$  составляет почти 90%, в других горизонтах — около 65%. Большие различия наблюдаются и в содержании полевых шпатов: в подзолистом — около 3%, в нижних — 15—20%. В верхних горизонтах  $A_2$  и  $B_1$  происходит интенсивное выветривание этих минералов: во фракции 0,10—0,01 мм полевых шпатов заметно меньше, чем в более крупной фракции 0,25—0,10 мм. В нижних горизонтах их больше в мелкой фракции. Из слюд в данной почве преобладает биотит. В гор.  $A_2$  его почти нет, в гор.  $B_1$  он составляет около 11%. Количество тяжелых минералов увеличивается от 2% в гор.  $A_2$  до 7% в гор.  $C$ . В подзолистом много титанита, рудных минералов, дистена и эпидота. В гор.  $B_1$  преобладает дистен, в гор.  $C$  — турмалин и эпидот. В нижних горизонтах много также роговой обманки.

Интенсивное подзолообразование вызывает обеднение гор.  $A_2$  алюмосиликатами и микроэлементами. В гор.  $B_1$  возрастает количество биотита и эпидота, соответственно повышается и содержание цинка и кобальта. Однако количество меди почти не меняется. В горизонтах  $B_2$  и  $C$ , богатых биотитом, ортоклазами, роговой обманкой, содержание микроэлементов весьма высокое. Данная почва вообще богата минералами, содержащими необходимые элементы питания, например, иллювиальный горизонт содержит более 10% биотита. То, что такое высокое содержание биотита и наличие суглинистого горизонта не могут обусловить продуктивность выше II класса бонитета, можно объяснить только неблагоприятным водно-воздушным режимом, длительным периодом анаэробнозона в корнеобитаемой зоне.

Обсуждая результаты о связи минералогического состава с содержанием микроэлементов в почве и влиянии их на продуктивность сосняков, видимо, следует объяснить, почему в одних случаях формируются сильно оподзоленные почвы с соответствующим изменением минералогического состава в подзолистых горизонтах, а в других случаях этого не происходит.

Из пяти рассмотренных почв две сильно оподзоленные (пр. пл. 1 сильноподзолистая и пр. пл. 15 — среднемощный подзол). Почвы сформированы на разных почвообразующих песках: эоловых — в первом слу-

чае и флювиогляциальных — во втором. Однако почвообразование в том и другом случае идет в аналогичном направлении.

На пр. пл. 1 пески однородные с грубым механическим составом (физической глины около 1%), уровень грунтовых вод глубже 6 м. Водный режим данной почвы определяется атмосферными осадками, запасы влаги находятся в прямой зависимости от количества и характера атмосферных осадков, физического испарения и потребления влаги корнями. В период вегетации при длительном отсутствии дождей верхняя толща почвы быстро иссушается и доступной влаги в ней почти не остается. Сухость почвы, а также недостаточное содержание питательных веществ из-за низкого содержания физической глины и бедности песчаных фракций алюмосиликатами и тяжелыми минералами обуславливают формирование лишайниковых сосняков. Другие растения (кустарники, травянистые и даже зеленые мхи) не выдерживают такие жесткие условия. Бедные зольными элементами хвойный опад и остатки лишайников при бедном минералогическом составе почвы обуславливают образование ненасыщенных агрессивных подвижных фульвокислот. Последние (мы здесь совершенно согласны с Пономаревой [11]) интенсивно разрушают алюмо- и ферросиликаты в верхних горизонтах, и фульваты железа и алюминия, как менее подвижные, осаждаются, образуя иллювиальный горизонт охристого цвета. В подзолистом горизонте остается практически один кварц (более 97%).

Иначе происходит подзолообразование в профиле почвы сосняка черничника, где главным контролирующим фактором почвообразования является колебание уровня грунтовых вод (почти от поверхности весной до 2,2 м осенью). Частая смена аэробной и анаэробной обстановки создает благоприятные условия для развития восстановительных процессов в зоне распространения корней и образования кислых агрессивных фульвокислот. Последующий промыв продуктов разрушения из верхнего горизонта формирует профиль сильно оподзоленной почвы. Подзолообразование в почвах с периодически промывным режимом достаточно подробно рассмотрено многими исследователями [13, 8, 9 и др.].

В других случаях (пр. пл. на аллювиальных песках, морене и перигляциальных песках) сформированы слабоподзолистые почвы. Относительное богатство и разнообразие минералогического состава, более тяжелый механический состав или наличие суглинистых и супесчаных прослоек обеспечивает лучшее снабжение растительности питательными веществами и большую влагоемкость почвы. Это повышает продуктивность сосновых древостоев, обуславливает примесь других пород (в нижних ярусах присутствует ряд кустарников, более или менее развит травяной покров). Эти факторы способствуют образованию главным образом гуминовых кислот, которые в кислой среде оседают на месте их образования, формируя гумусовый горизонт. Подзолообразование в этих почвах проявляется в виде белесых прожилок или небольших присыпок между подстилкой и гумусовым горизонтом.

## Выводы

1. Почвы, подвергшиеся длительной переработке водными потоками и ветром, т. е. сформированные на аллювиальных и эоловых песках, в целом значительно беднее алюмосиликатами, чем почвы на перигляциальных, флювиогляциальных и моренных песках. Содержание слюд в нижних горизонтах почв на эоловых и аллювиальных песках составляет примерно 3%, полевых шпатов — около 11%, тяжелых минералов — около 2%. Основная масса минералов представлена кварцем — более 83%. В почве на моренных отложениях приблизительно 12% слюд, 15% полевых шпатов, 6% тяжелых минералов и около 62% кварца; на пе-

риглияциальных песках соответственно около 13, 4, 1 и 77%, на флювиогляциальных — примерно 8, 12, 7 и 62%.

2. Минералогический состав верхней части почвенной толщи изменяется под воздействием почвообразования. Относительное накопление алюмосиликатов происходит в крупной фракции песка, тогда как в нижних горизонтах их больше в мелкой фракции. Мелкие частицы минералов, видимо, быстрее разрушаются в верхних горизонтах под воздействием микроорганизмов, корневых выделений, а также физико-химических факторов.

При подзолообразовании в гор. А<sub>2</sub> значительно возрастает относительное содержание кварца и устойчивых тяжелых минералов — циркона, гранатов, титанита, бедных исследуемыми микроэлементами.

При содержании физической глины менее 8% меди, цинка и кобальта больше в тех горизонтах, где больше содержится ортоклазов, биотита, роговой обманки, ставролита. С увеличением содержания физической глины до 10% и более взаимосвязь между количеством меди, цинка и особенно кобальта и содержанием вышеуказанных минералов значительно уменьшается.

3. Высокое содержание микроэлементов в аккумулятивных горизонтах высокопродуктивных сосняков (сложного и чернично-брусничного Iа класса бонитета) объясняется не только составом первичных минералов, а в большей степени более активным их вовлечением в круговорот веществ из нижних горизонтов по сравнению с менее продуктивными сосняками лишайниковой группы.

4. Продуктивность древостоев в значительной мере зависит от различий минералогического состава почвообразующей породы, если какие-либо неблагоприятные факторы (недостаток влаги, длительное затопление корнеобитаемого слоя и др.) не перекрывают воздействие неодинаковой потенциальной обогащенности поверхностных отложений. При оптимальном водно-воздушном режиме по мере увеличения содержания кварца с одновременным уменьшением количества алюмосиликатов и тяжелых минералов понижается и продуктивность древостоев.

#### Литература

1. Адерихин П. Г., Чигиринцев И. П., Воронин В. И., Губанов П. Г., Шибанов В. М. Минералогический состав некоторых песчаных и супесчаных почв Центральночерноземной области. Почвоведение, 1968, № 2.
2. Важенин И. Г., Карасева Г. И. О формах калия в почве и калийном питании растений. Почвоведение, 1959, № 3.
3. Горбунов Н. И. Значение минералов для плодородия почв. Почвоведение, 1959, № 7.
4. Горбунов Н. И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения. Изд. АН СССР, 1963.
5. Горбунов Н. И. Минералогия и ее связь с почвоведением и агрохимией. Почвоведение, 1970, № 2.
6. Горбунов Н. И., Воронина Т. В. Прочность связей калия в минералах и почвах. Агрохимия, 1968, № 5.
7. Елькина Д. М. Содержание меди, цинка и кобальта в почвах и хвое сосны в различных типах сосняков Мещерской низменности. Лесоведение, 1972, № 4.
8. Кауричев И. С., Ноздрунова Е. М. К вопросу о проявлении подзолистого процесса в лесолуговой зоне. Докл. ТСХА, вып. 63, 1961.
9. Орлов А. Я., Кошельков С. П., Осипов В. В., Соколов А. А. Типы лесных биогеоценозов южной тайги. «Наука», 1974.
10. Парфенова Е. И., Ярилова Е. А. Минералогические исследования в почвоведении. Изд. АН СССР, 1962.
11. Пономарева В. В. Теория подзолообразовательного процесса. «Наука», 1964.
12. Прянишников Д. Н. Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ. М., 1911—1916.
13. Ярков С. П. Образование подзолистых почв. Изд. АН СССР, 1954.
14. Graham E. R., Albrecht W. A. Potassiumbearing minerals as soil treatments—Missouri agric. expt. Sta. Res. Bull., 1953, v. 510.



15. *Hellmers J. H.* Beziehungen zwischen der Mineralzusammensetzung einiger Boden und den Kulturuntersuchungsergebnissen ihres Dungungebedürfnisses. *Z. Pflanzenernähr. Dung. Bodenkunde*, 1948, Bd 41, H. 1.
16. *Leenher L. D. E.* Practical importance of a medium reserve of alterable minerals (orthoclase) under temperate climate (Belgium). *Transact. Internat. Congr. Soil Sci.*, 1956, № 2.
17. *Newman A. C. D.* Cation exchange properties of Micac. 1. The relation between Mica composition and K exchange in solutions of different pH. *J. Soil Sci.*, 1969, v. 20, № 2.
18. *Tamm C. O.* Über die Schwachproductiven Sandboden auf dem Hokensas und im oberen Lagatal. *Sudschweden. Meddfran Statens skogsforsoksanstalt*, 1937, v. 30.
19. *De Turk E.* Potassium-bearing minerals as a source of potassium for plant growth. *Soil Sci.*, 1919, v. 8, № 4.
20. *Wittich W.* Natur und Ertragsfähigkeit der Sandboden im Gebiete des norddeutschen Diluviums. *Z. Forst- und Jagdwes.*, 1942, v. 74.

Лаборатория лесоведения  
АН СССР

Дата поступления  
5.1.1977 г.

---

E. A. YARILOVA, D. M. ELKINA

CONTENT OF CUPRUM, ZINC AND COBALT IN SOILS DEPENDING  
ON THE PRODUCTIVITY OF TREE STANDS

It has been shown that the composition of primary minerals in soil forming materials determines the content of minor elements in soils and the productivity of tree stands under optimal water and air conditions of soils.