

Русецкас Ю.Ю. Гидроклиматический метод ЛитНИИЛХа//
Определение норм осушения при гидроресомелиорации/Лен-
НИИЛХ. Л., 1989. С. 26-32.

Рябуха А.С. Режим уровня почвенно-грунтовых вод в
сосняках украинского Полесья, осушенных редкой и частой
осушительной сетью//Лесоведение. 1980. № 1. С. 64-70.

Технические указания по осушению лесных площадей. М.,
1971. 208 с.

Эркин Г.Д. Влияние осушения на производительность ле-
сов. М.: Л., 1934. 200 с.

*Heikurainen L. Improvement of forest growth on poorly
drained peat soils // Internat. Rev. Forestry Res. Vol. 1.
N. - V. - London. 1964. p. 40-41.*

*Kökkönen P. Beobachtungen über die Beziehungen zwi-
schen der Grundwassertiefe und dem Waldwachstum
auf eine kanalisierten Moore // Acta forest fennica.
34. Helsinki. 1929.*

УДК 630.385.114(470.51/54)

Г.Г. Новгородова, Н.С. Мухина
(Институт леса УрО РАН)

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЧВ МЕЗООЛИГОТРОФНЫХ СОСНОВЫХ БОЛОТ СРЕДНЕГО УРАЛА (НА ПРИМЕРЕ СТАЦИОНАРА "СЕВЕРНЫЙ")

Дана оценка почвы мезоолиготрофных сосновых
болот Среднего Урала с лесоводственной точки зре-
ния. Показана динамика доступных форм азота, фос-
фора и калия в течение вегетационного периода по
горизонтам почвенного профиля.

Болотный стационар "Северный" расположен на террито-
рии Северского и Паркового лесничеств учебно-опытного лес-
хоза УЛТИ и согласно лесорастительному районированию

(Колесников и др., 1973) входит в южно-таежный округ Зауральской холмисто-предгорной провинции. Растительность болота представлена чистыми сосняками в возрасте 70...120 лет У и Уа классов бонитета. Характеристика древостоя, возобновления, напочвенного покрова, торфяной залежи, особенностей роста сосняков и гидрологического режима дана в печати (Чиндяев, Бирюкова, 1990; Маковский, Новгородова, 1990; Чиндяев и др., 1990).

В настоящей работе приводятся сведения о почвах стационара и результаты наблюдений за динамикой доступных растениям форм азота, фосфора и калия. Почвы развиваются на верховых торфах (пробные площади, 8, 20, 26, 14 с глубиной торфа соответственно 4,5; 4,75; 6 и 6,5 м) и представлены в верхнем метровом слое видами фускум-торфа и пушицевого торфа. Зольность их невелика и колеблется в пределах 1,1...4,0 %. Степень разложения изменяется в более широких пределах: 14...58 % с максимумами в отдельных горизонтах до 61...70 %. Наименьшей степени разложения отличается торфяная залежь пробной площади 14. Торф характеризуется высокой кислотностью ($\text{pH}_{\text{сол}} = 2,6...3,3$).

Пробные площади 29, 5 и 2 заложены на переходных торфах, в верхнем слое представленных сфагновым, древесным и травяно-сфагновыми видами. Глубина залежи соответственно 4,25; 4 и 2,75 м. Зольность переходных торфов выше зольности верховых и колеблется в слое ниже 50 см в пределах 3,0...28 %. Кислотность с глубин около 2 м снижается - pH сол. достигает 4,0...4,9. Степень разложения повышается и колеблется в более узких пределах, чем в верховых торфах - с 23 до 70 %.

Для изучения условий произрастания растений необходимы сведения о плодородии верхних слоев торфа. Корнеобитаемый слой изученных торфяно-болотных переходных и верховых почв необычен. Так, зольность его достигает 10...16 %. Постепенно разложения (28...55 и даже 62...70 %) почвы относятся к средне- и сильноразложившимся. Верхний 30-сантиметровый слой отличается и довольно высокой объемной массой - до 0,12...0,15 г/см³ (Чиндяев и др., 1990). Своим образом почвенного слоя мезоолиготрофного болота стацио-

нара может быть объяснено последствием неоднократных пожаров и значительным аэротехногенным загрязнением почв.

Переходные почвы относятся к сильноокислым (рН_{сол.} от 2,8 до 3,3) и сильноненасыщенным основаниями (степень насыщенности менее 50 %), табл. 1. Среди изученных почва сосняка кустарничково-черничного пробной площади (ПП) 29 отличается меньшей кислотностью (рН_{сол.} = 3,1...3,3) за счет некоторого накопления обменных кальция и магния в сравнении с почвами сосняков осоково-кустарничковых (ПП 5 и 2). Вместе с тем она выделяется повышенным содержанием общего азота – 1,98...2,32 % (табл. 2).

Почвы сосняков осоково-кустарничковых более кислые (рН_{сол.} в пределах 2,7...2,9). Они однородны по степени насыщенности основаниями и гидролитической кислотности. Почва ПП 2 заметно обогащена подвижными формами азота и калия в нижних горизонтах.

Торфяно-болотные верховые почвы сосняков кустарничково-сфагновых, пушцево-кустарничково-сфагновых и багульникового по кислотности и степени насыщенности основаниями, другим химическим свойствам обнаруживают значительное сходство с изученными переходными почвами (см. табл. 1).

Отмечается снижение содержания подвижных питательных элементов, доступных растениям, в верховых почвах, особенно калия и в меньшей степени фосфора.

Распределение подвижных форм фосфора и калия в профиле всех изученных почв в пределах корнеобитаемого слоя имеет аккумулятивный характер – результат биогенного накопления. В переходных почвах ПП 29 и 2, расположенных ближе к границам болотного массива, горизонт 0...10 см обеднен подвижными формами азота, тогда как эти почвы отличаются наибольшими потенциальными запасами валового азота (см. табл. 2). При этом органическое вещество переходных почв насыщено азотом в большей степени, чем таковое в верховых почвах.

В целом органическое вещество торфяно-болотных почв (см. табл. 2) характеризуется по Т.Т. Ефремовой (1983) низкой обогащенностью гумуса азотом. Отношения углерода к азоту колеблются в широких пределах – от 12 до 64.

Таблица 1

Химический состав почв станции «Северный»

Номер проб-ной площадки	Тип леса (сосняк)	Глубина, см	рН сол.	Mг-э-в. на 100 г почвы			Степень насыщен. основными, %	Mг на 100 г почвы		
				Ca ^{..}	Mg ^{..}	Ca ⁺⁺ Mg ^{..}		ГК ^x	NH ₄	P ₂ O ₅
Переходные почвы										
29	Кустарничково-черячяный	0...10	3,3	Не опред.	18,8	25,2	42	22,6	17,2	59,6
		10...20	3,1	---	16,0	23,3	41	23,8	11,2	21,0
		20...30	3,1	---	14,0	21,0	22	21,6	3,1	24,8
5	Осозово-кустарничковоый	0...10	2,8	8,3	7,5	23,9	39	23,7	10,9	56,2
		10...20	2,8	9,5	7,5	24,0	42	17,7	5,3	42,0
		20...30	2,7	9,5	6,7	22,1	42	16,6	2,7	12,2
2	Осозово-кустарничковоый	0...10	2,9	9,3	7,0	23,5	41	25,4	56,4	87,3
		10...20	2,8	7,7	7,7	27,1	36	94,2	18,8	194,2
		20...30	2,8	7,5	8,5	22,8	41	93,7	17,7	162,5
Верховые почвы										
8	Пушицево-кустарничково-сфагноый	9...10	3,1	9,0	7,1	16,1	22,1	39,1	10,6	53,9
		10...20	2,9	8,2	8,0	16,2	42	31,8	8,8	36,1
		20...30	2,9	7,5	9,5	17,0	44	25,3	4,1	19,1
20	Кустарничково-сфагноый	0...10	3,1	8,8	6,5	15,5	27,1	Не определенысь		
		10...20	2,8	8,5	8,5	17,0	43	---	---	---
		20...30	2,7	9,5	7,0	16,5	38	---	---	---
26	Кустарничково-сфагноый	0...10	2,9	8,6	6,6	15,2	25,3	26,1	8,3	36,7
		10...20	2,8	10,0	7,7	17,7	42	27,9	5,4	22,0
		20...30	2,7	7,5	9,5	17,0	39	29,7	4,8	17,1
14	Багульниковый	0...10	2,8	9,2	7,2	16,4	24,8	33,3	8,9	49,5
		10...20	2,7	8,0	7,0	15,0	35	23,2	4,6	23,6
		20...30	2,7	8,7	7,2	15,9	38	22,4	4,0	15,3

ГК^x - гидролитическая кислотность.

Таблица 2

Характеристика органического вещества почв стационара "Северный"

Номер пробной площади	Глубина, см	С общий, %	N общий, %	C:N	Гумус, %	Степень гумифи- кации, %	Сгг:Сфк
Переходные почвы							
29	0...10	42,51	2,32	13	25,24	34	1,2
	10...20	46,57	2,35	20	24,12	30	0,7
	20...30	50,93	1,98	26	25,91	29	1,1
5	0...10	20,58	1,76	12	27,93	40	1,2
	10...20	47,96	1,63	29	32,07	84	2,1
	20...30	46,45	1,31	35	59,24	80	2,5
2	0...10	35,17	1,93	18	34,08	59	2,6
	10...20	34,58	1,00	35	25,36	45	2,7
	20...30	49,02	1,50	35	24,33	24	1,5
Верховые почвы							
8	0...10	35,31	1,34	26	24,36	57	0,6
	10...20	47,23	1,57	34	21,74	58	0,4
	20...30	58,07	1,39	51	20,62	58	1,4
20	0...10	59,22	1,08	54	31,32	31	1,7
	10...20	57,44	0,89	64	31,03	31	2,8
	20...30	34,30	1,14	30	35,85	61	2,5
26	0...10	77,83	2,30	34	24,63	58	0,7
	10...20	51,40	2,24	33	19,03	58	0,4
	20...30	58,26	1,55	38	21,38	58	1,0
14	0...10	57,11	1,46	39	39,08	40	1,6
	10...20	51,33	1,26	40	30,00	35	1,5
	20...30	52,33	1,00	52	35,69	39	1,8

В верхнем 10-сантиметровом слое в сравнении с нижележащими слоями выше содержание углерода и азота. Верхние почвы характеризуются большим накоплением углерода (34...74%), а насыщенность органического вещества азотом в них ниже: отношения углерода к азоту – 26...54.

По общему содержанию собственно гумусовых веществ почвы различаются слабо. Можно говорить лишь о тенденции к снижению гумусовых веществ в слое 20...30 см в верхних почвах в сравнении с содержанием гумуса в переходных. Степень гумификации, рассчитанная по Т.Т. Ефремовой (1983), больше в переходных почвах, особенно в почве сосняка осоково-кустарничкового (ПП 5).

Групповой состав гумуса – тип гумуса (Орлов, Гришина, 1981) переходных почв – характеризуется преобладанием гуминовых кислот над фульвокислотами и в верхнем слое определяется как фульватно-гуматный в почвах ПП 29 и 5 и гуматный – в почвах ПП 2. Гумификация в верхних почвах идет с преобладанием фульвокислот (Ефремова, 1988). В нашем случае в почвах сосняков кустарничково-сфагновых отношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот (Сгк:Сфк) меньше 1 – гуматно-фульватный тип гумуса, а в слое 10...20 см – фульватный. С глубиной как в верхних, так и в переходных почвах в большинстве случаев образуется гумус гуматного состава – Сгк:Сфк = 2,1...2,7. Неравномерность нарастания содержания гуминовых кислот с глубиной связана с неоднородностью ботанического состава торфа, образовавшейся в результате неоднократных за историю формирования торфяной залежи пожаров. В период проведения осушительной мелиорации на стационаре в 1986 г. проводились наблюдения за динамикой содержания водорастворимого органического вещества, а в 1986–1987 гг. – доступных растениям форм азота, фосфора и калия.

Исследования показали, что в верхнем горизонте торфяно-болотных почв стационара "Северный" наибольшее количество водорастворимых веществ (рис. 1) отмечено в мае 1986 г. Резкое падение их содержания к июню связано с освобождением горизонта от почвенно-грунтовых вод полностью (рис. 2). В последующие месяцы хотя уровень почвенно-грунтовых вод (ПГВ) повысился за счет притока с

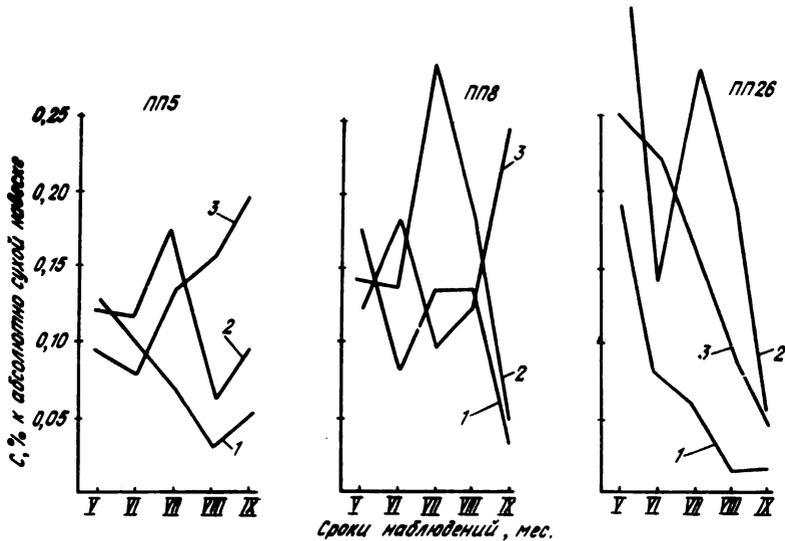


Рис. 1. Динамика водорастворимого органического вещества в течение вегетационного периода в горизонтах 1...10(1), 10...20(2) и 20...30 см (3)

окружающих суходолов, большая часть горизонта остается хорошо аэрируемой. С ростом среднемесячной температуры до $19,6^{\circ}\text{C}$ и активности микробиологических процессов в июле повысилась деструкция органического вещества, в первую очередь, по-видимому, водорастворимых его форм. Снижение количества органического вещества, растворимого в воде, сопровождалось освобождением подвижных форм азота и калия, в меньшей степени – фосфора (рис. 3, 4, табл.3).

В горизонте 10...20 см вслед за небольшим падением содержания водорастворимых органических веществ в июне, в период наиболее низкого уровня ПГВ и частичного освобождения горизонта от затопления, отмечается резко выраженный июльский максимум содержания водорастворимого органического вещества (см. рис. 1). Связано это с мобилизацией при подъеме уровня ПГВ новообразованных продуктов гумификации и деструкции органических остатков торфа. Значительно увеличивается в июле и количество подвижных форм азота, калия. Горизонт 20...30 см характеризует-

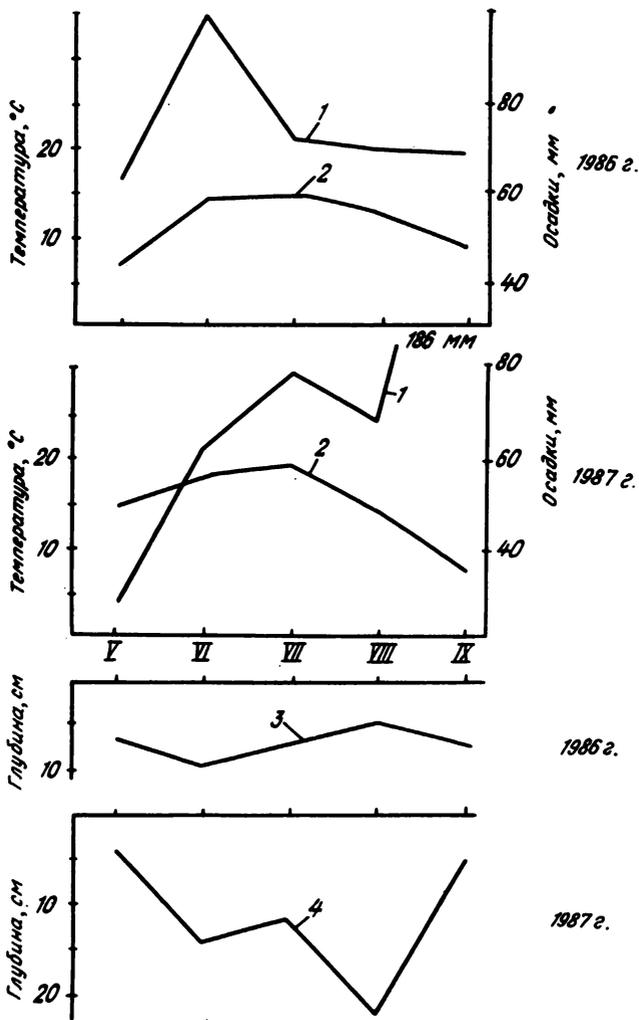


Рис. 2 Осадки (1), температура воздуха (2) и средний уровень грунтовых вод в течение вегетационного периода (3,4)

ся средними значениями содержания водорастворимых органических веществ и обнаруживает тенденцию к меньшему накоплению подвижных питательных элементов. При этом

Пробная площадь 26

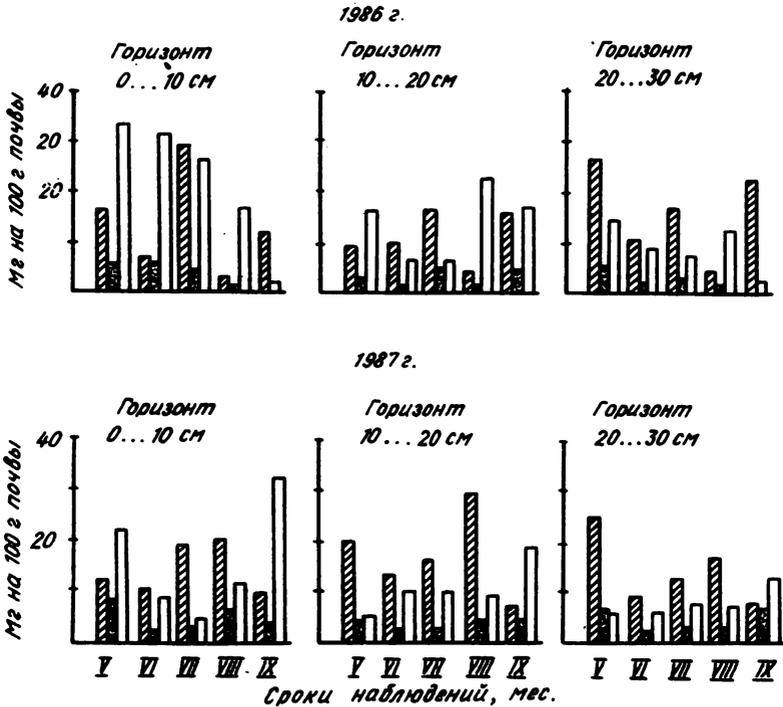


Рис. 3. Динамика содержания подвижных форм за вегетационный период:

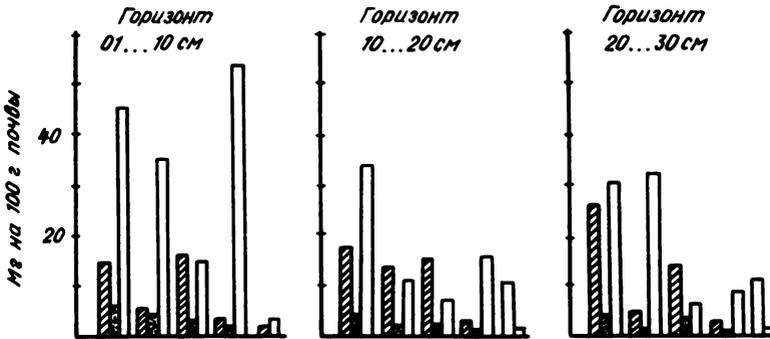
▨ - азот; ▤ - фосфор; □ - калий

динамика содержания органического вещества и доступных растениям азота, фосфора и калия на отдельных пробных площадях имеет трудно объяснимый разнонаправленный характер.

В 1986 г. наблюдения за динамикой содержания азота, фосфора и калия выявили, что минимум содержания подвижных форм питательных элементов приурочен к августу. Он связан, на наш взгляд, с самым высоким уровнем стояния ПГВ - 4,5 см в среднем по стационару - и обусловлен большим количеством осадков в первой половине вегетаци-

Пробная площадь 29

1986 г.



1987 г.

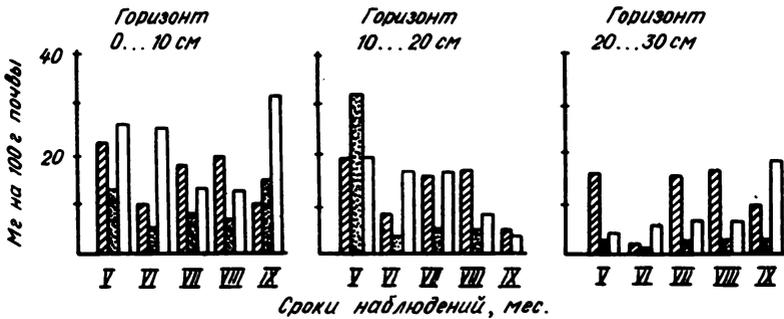


Рис. 4. Динамика содержания подвижных форм за вегетационный период:

▨ - азот; ▩ - фосфор; □ - калий

онного периода (за 3 месяца выпало 63 %) и меньшей обеспеченностью теплом в сравнении с этими показателями того же периода 1987 г. (см. рис. 2). В целом можно говорить и о меньшем абсолютном содержании подвижных форм азота, фосфора и калия (см. рис. 3, 4, табл. 3).

Во всех горизонтах изученных почв прослеживается увеличение содержания питательных элементов к середине ле-

Динамика содержания подвижных форм азота, фосфора, калия (мг на 100 г почвы) в почвах стационара "Северный" (в числителе - за 1986 г., в знаменателе - за 1987 г.)

Глубина, см	Азот			Фосфор			Калий						
	У	УІ	УІІ	ІХ	У	УІ	УІІ	ІХ	У	УІ	УІІ	ІХ	
Пробная площадь 5													
0...10	<u>5,3</u>	<u>12,3</u>	<u>20,4</u>	<u>4,2</u>	<u>20,8</u>	<u>14,9</u>	<u>13,1</u>	<u>4,2</u>	<u>4,0</u>	<u>33,8</u>	<u>80,3</u>	<u>88,9</u>	<u>16,0</u>
	37,5	40,4	26,6	49,3	20,9	17,3	8,0	7,9	13,0	16,4	26,6	49,7	20,5
10...20	<u>6,3</u>	<u>9,8</u>	<u>16,3</u>	<u>4,8</u>	<u>26,2</u>	<u>3,1</u>	<u>2,1</u>	<u>3,6</u>	<u>0,2</u>	<u>19,4</u>	<u>13,6</u>	<u>14,8</u>	<u>9,2</u>
	26,9	14,0	15,5	22,7	23,9	2,3	1,5	3,3	4,4	5,9	5,8	9,0	15,8
20...30	<u>6,6</u>	<u>16,4</u>	<u>26,6</u>	<u>4,2</u>	<u>0,9</u>	<u>5,6</u>	<u>3,5</u>	<u>5,8</u>	<u>0,2</u>	<u>22,9</u>	<u>103,4</u>	<u>33,1</u>	<u>7,9</u>
	28,9	16,0	20,8	38,3	47,0	4,6	4,4	3,1	9,5	12,0	15,5	11,8	19,9
Пробная площадь 2													
0...10	<u>6,9</u>	<u>16,8</u>	<u>39,1</u>	<u>5,1</u>	<u>13,8</u>	<u>9,6</u>	<u>12,2</u>	<u>14,3</u>	<u>0,9</u>	<u>3,7</u>	<u>38,7</u>	<u>42,1</u>	<u>94,5</u>
	24,7	45,2	7,7	66,9	26,2	15,5	9,1	5,8	1,8	16,5	16,0	13,8	14,9
10...20	<u>8,2</u>	<u>14,1</u>	<u>33,1</u>	<u>6,9</u>	<u>29,8</u>	<u>8,2</u>	<u>1,2</u>	<u>11,6</u>	<u>0,4</u>	<u>1,5</u>	<u>37,7</u>	<u>14,5</u>	<u>58,2</u>
	33,7	22,8	19,6	52,8	11,3	3,3	2,0	6,3	8,4	2,9	6,2	12,9	13,9
20...30	<u>7,0</u>	<u>18,4</u>	<u>32,7</u>	<u>5,6</u>	<u>27,4</u>	<u>11,6</u>	<u>3,6</u>	<u>5,9</u>	<u>0,3</u>	<u>1,0</u>	<u>18,9</u>	<u>11,9</u>	<u>16,6</u>
	32,1	23,7	15,2	51,4	10,9	2,9	1,6	2,4	7,6	4,0	9,9	9,7	4,9
Пробная площадь 8													
0...10	<u>10,1</u>	<u>22,0</u>	<u>19,9</u>	<u>6,3</u>	<u>33,1</u>	<u>16,2</u>	<u>10,6</u>	<u>19,2</u>	<u>0,3</u>	<u>0,9</u>	<u>106,4</u>	<u>86,6</u>	<u>113,6</u>
	65,9	50,4	76,8	45,0	61,5	29,3	5,6	7,2	9,5	14,8	56,8	22,7	27,7
10...20	<u>10,7</u>	<u>22,8</u>	<u>43,8</u>	<u>2,4</u>	<u>34,3</u>	<u>5,4</u>	<u>5,1</u>	<u>31,1</u>	<u>2,4</u>	<u>0,4</u>	<u>42,6</u>	<u>16,8</u>	<u>123,2</u>
	77,5	48,7	4,9	59,1	9,7	25,2	2,3	4,9	11,4	12,9	50,4	14,3	14,9
20...30	<u>9,8</u>	<u>12,1</u>	<u>37,5</u>	<u>7,9</u>	<u>43,7</u>	<u>6,4</u>	<u>2,5</u>	<u>8,8</u>	<u>1,4</u>	<u>0,9</u>	<u>33,9</u>	<u>12,8</u>	<u>36,0</u>
	37,0	21,6	24,1	34,0	25,6	5,1	3,0	2,0	5,6	8,1	16,0	13,8	14,9

та – пику биологической активности в почве. Накопление подвижных форм питательных элементов частично обязано и уменьшению потребления их древостоем в результате снижения ростовых процессов деревьев сосны, в частности, окончанию прироста по высоте к концу июля (Чиндяев, Бирюкова, 1990). В сентябре 1986 г. в связи с окончанием вегетации и некоторым снижением уровня ПГВ наблюдалось увеличение содержания подвижных форм элементов питания.

Более влажный и теплый вегетационный период 1987 г. резко отличается по динамике погодных условий от 1986 г. За 3 месяца 1987 г. выпало 40 % осадков, средняя месячная температура была на 3,1 °С выше. Это предопределяет повышенную испаряемость и более низкий уровень стояния ПГВ (см. рис. 2). Сравнительно сухой и теплый май обеспечил повышенное содержание в почвах подвижных форм азота, фосфора и калия во всех горизонтах, а максимум выхода подвижного фосфора отмечен в горизонте 0...10 см (см. рис. 3, 4, табл. 3). Снижение содержания подвижных форм питательных элементов к середине лета в почвах центральной части болота (ПП 2, 26) незначительно. Заметнее проследивается снижение количества азота, фосфора и калия в почвах окраинных пробных площадей (8, 29), где в июле зафиксирован минимум их содержания.

В целом во всех изученных почвах и всех горизонтах четко выделяется второй максимум в содержании подвижных форм азота, фосфора и калия, приуроченный к августу. Он обязан самому низкому уровню стояния ПГВ и некоторому снижению среднемесячного количества осадков (см. рис. 2). Сравнительно теплая погода (среднемесячная температура в августе составила 14,6 °С) и хорошая аэрация почв на значительную глубину обусловили высокую активность почвенных процессов, что вместе со снижением потребления питательных элементов растениями обеспечило значительное накопление подвижных форм азота, фосфора и калия. В сентябре 1987 г. со снижением теплообеспеченности их количество уменьшилось, но осталось сравнительно большим за счет увеличения количества атмосферных осадков и резкого подъема уровня ПГВ, прекращения потребления растениями.

Таким образом, почвы мезоолиготрофного болотного стационара "Северный", сильнокислые и ненасыщенные основаниями, характеризуются биологическим накоплением подвижных форм азота, фосфора и калия в приповерхностном горизонте, средним и низким содержанием гумуса с низкой насыщенностью его азотом. Почвы в верхнем горизонте имеют повышенную зольность. Различия между верховыми и переходными почвами связаны с характером торфяной залежи и выражаются количественным содержанием суммы обменных оснований, подвижных форм питательных элементов, общего азота и гуминовых кислот.

Мобилизация подвижных форм питательных элементов в изученных торфяно-болотных почвах зависит от особенностей гидротермического режима, предопределяющих динамику уровня почвенно-грунтовых вод в течение вегетационного периода. Динамика содержания подвижных форм азота, фосфора, калия в мае-июле в большей мере определяется потреблением их растениями, а количества питательных элементов в почвах уменьшаются от весны к середине лета. В августе-сентябре динамика содержания подвижных форм азота, фосфора, калия зависит от погодных условий и уровня почвенно-грунтовых вод и различается в разные по влаго- и теплообеспеченности годы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Ефремова Т.Т. Показатели гумусного состояния торфяно-болотных почв // Биологические науки. 1983. № 10. С. 102-108.

Ефремова Т.Т. Гумусное состояние лесных торфяных почв в связи с микрорельефом // Изв. СО АН СССР. Сер. биология. 1988. № 6/1. С. 38-41.

Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы леса Свердловской области. Свердловск, 1973. 176 с.

Маковский В.И., Новгородова Г.Г. Наземная фитомасса травяно-кустарничкового яруса // Лесоэкологические и палинологические исследования болот на Среднем Урале. Свердловск, 1990. С. 28-32.

Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М., 1981. 272 с.

Чиндяев А.С., Бирюкова Л.А. Особенности роста сосняков на верховых болотах Среднего Урала // Лесоводственно-экологические и палинологические исследования болот на Среднем Урале. Свердловск, 1990. С. 22-27.

Чиндяев А.С., Бирюкова Л.А., Маковский В.И. Лесоводственно-мелпоративная характеристика стационара "Северный" Уральского лесотехнического института // Лесоводственно-экологические и палинологические исследования болот на Среднем Урале. Свердловск, 1990. С. 3-13.

УДК 631.4

Т.Ф. Коковкина, Л.Г. Бабушкина
(Уральский лесотехнический институт)

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Исследовано состояние лесных почв под сосновыми насаждениями, подверженными воздействию фторсодержащих поллютантов в районах Полевского криолитового и Богословского алюминиевого заводов. Показаны закономерности накопления фтор-ионов в подгоризонтах лесной подстилки, почве и напочвенной растительности, механизмы миграции и закрепления поллютанта почвой, а также возможность использования напочвенной растительности и коры сосны в качестве надежного индикатора загрязнения лесных экосистем промышленными поллютантами.

В условиях повышенного техногенного воздействия на лесные территории вокруг предприятий по производству криолита и алюминия происходит накопление в лесной подстилке, почве и напочвенной растительности фторсодержащих соединений, обладающих высокой химической и биологической