

**Т. Ф. Коковкина, Л. Г. Бабушкина, Г. М. Кожевникова**  
(Уральская государственная лесотехническая академия)

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ФТОРСОДЕРЖАЩИМИ ПОЛЛЮТАНТАМИ**

Исследовано накопление фторсодержащих промышленных поллютантов в лесной подстилке и почве под сосновыми насаждениями в районе Полевского криолитового завода. Показано, что в качестве оценки загрязнения лесных экосистем могут быть использованы показатель активного загрязнения и коэффициент накопления поллютанта в почве.

Регулирование состояния лесных биогеоценозов, подверженных воздействию промышленных поллютантов, невозможно без адекватной оценки их современного состояния. Получение таких сведений на основе систематических исследований является важной экологической задачей, обусловленной увеличением техногенных нагрузок на все компоненты лесного биогеоценоза, в частности, на лесную подстилку, почву и напочвенную растительность, нарастанием тенденции к нарушению и деградации лесных почв.

Лесные территории Полевского лесхоза, расположенные в районе Полевского криолитового (ПКЗ) и Северского трубного (СТЗ) заводов постоянно подвергаются воздействию промышленных поллютантов, среди которых наиболее опасным является фтор, избыточные количества которого в почве, древесной и травянистой растительности, а также в грунтовых водах из-за высокой токсичности и стабильности его соединений представляют опасность необратимого нарушения экологического равновесия.

Учитывая высокую реакционную способность фторсоединений и возможность накопления их в компонентах лесного биогеоценоза, нами в течение ряда лет проводились исследования закономерностей поступления и аккумуляции поллютанта в лесных экосистемах (Шебалова и др., 1990; Коковкина, Бабушкина, 1993). Целью данной работы является поиск наиболее информативного критерия оценки степени их загрязнения.

Образцы лесной подстилки и почвы отбирались из прикопок глубиной 0,4-0,5 м под сосновыми насаждениями на ППП, расположенными на расстоянии 1,5; 2,0; 3,5; 4,5; 7,5 и 15 км по направлению преобладающих ветров (восточное и северо-восточное направления от ПКЗ) и 26 км в юго-восточном направлении от ПКЗ.

По морфологическим признакам и данным химического анализа на пробных площадях представлены характерные для данного района почвы: серые лесные разной степени оподзоленности средне- и легкосуглинистые, встречаются дерново-подзолистые и бурые горно-лесные. Они характеризуются разной мощностью как почвенного профиля, так и гумусового горизонта. Все почвы за исключением ППП 1,5-2,0 км, где происходит процесс задернения, имеют лесную подстилку, хорошо разделяющуюся на подгоризонты разной степени разложения. Для исследуемых почв характерно высокое содержание подвижных соединений фосфора и калия в подстилках, наибольшие концентрации фосфора отмечены в нижних подгоризонтах подстилки, а калия — в верхних.

При длительном воздействии промышленных поллютантов наибольшие изменения претерпевают лесная подстилка и верхние органомные горизонты почвы. Здесь сосредоточено основное количество растворенных солей и осаждающихся твердых частиц поллютантов.

Как показали результаты исследований, представленные в табл. 1, наибольшее содержание фтор-иона в лесной подстилке обнаружено на расстоянии 1,5-2,0 км от источника загрязнения и составляет 1300-1190 мг на 1 кг воздушно-сухого вещества соответственно. На ППП 3,5 км и ППП 4,5 км содержание фтор-ионов в горизонте АО2 составляет 1000 мг/кг и 830 мг/кг соответственно. С увеличением расстояния от постоянных пробных площадей до ПКЗ на 7,5 и 15 км содержание фтор-ионов снижается и в горизонте АО2 (2-3 см) на ППП 7,5 и 15 км в 1,5 и 4,7 раза ниже соответственно, чем на ППП 3,5 км. На 26 км наибольшее содержание фтора отмечено в горизонте АО2 (1-3 см) и составляет 175,0 мг/кг, что не превышает, однако, фоновое значения для незагрязненных территорий (Смит, 1985). В то же время, способность почв аккумулировать фтор-ионы со временем увеличивает риск поражения тех экосистем, где их разовое поступление в настоящее время незначительно.

Поэтому в качестве критерия оценки степени загрязнения лесных биогеоценозов наиболее актуален показатель активного загрязнения почв, который можно определить как отношение содержания подвижных форм фторсодержащих соединений в лесной подстилке и почве на ППП, расположенных в направлении преобладающих ветров, и контрольной ППП 26 км. Так, в горизонтах АО2-АО3, обладающих наибольшей аккумулирующей способностью, на ППП 3,5; 4,5; 7,5 и 15 км показатель активного загрязнения почв в зависимости от расстояния до источника загрязнения меняется по величине и составляет соответственно 5,7; 4,7; 1,6; 0,8, что свидетельствует о накоплении фтор-ионов в лесной подстилке и нарастании экологической опасности нарушения лесного биогеоценоза не только на ближних, но и на дальних расстояниях до ПКЗ. Лесная подстилка, являющаяся биологическим барьером для поллютантов, уже не справляется с поступающими техногенными потоками фторсоединений и происходит проникновение их в нижележащие горизонты почвы. С глубиной почвенного профиля величина показателя активного загрязнения снижается и остается в пределах 4-5 единиц, независимо от расстояния до источника

Таблица 1

**Содержание фтор-ионов в лесной подстилке**

ППП, км	Горизонт, глубина взятия образца, см	Содержание фтор-ионов, мг/кг	Показатель активного загрязнения почв
1,5	АО (0...2)	1300,0	9,29
2,0	АО (0...2)	1190,0	6,80
3,5	АО1 (0...1)	991,2	7,08
	АО2 (1...3)	1000,2	5,72
4,5	АО1 (0...2)	750,1	5,36
	АО2 (2...3)	830,3	4,74
7,5	АО1 (0...1)	260,0	1,86
	АО2 (1...3)	275,0	1,57
15	АО1 (0...0,5)	120,0	0,86
	АО2 (0,5...2)	137,3	0,78
26	АО1 (0...1)	140,0	—
	АО2 (1...3)	175,0	—

Таблица 2

**Содержание фтор-ионов в почве и снежной воде**

ППП, км	Генетический горизонт, глубина взятия образца, см	Содержание фтор-ионов в почве, мг/кг	Содержание фтор-ионов в снежной воде, мг/кг	Показатель активного загрязнения почв
1,5	A1 (2...30)	12,6	1,41	6,30
2,0	A1 (2...30)	15,9	1,43	7,95
3,5	A1 (3...20)	22,5	1,30	11,25
4,5	A1 (3...10)	10,1	0,76	5,05
7,5	A1 (3...10)	9,0	0,78	4,50
15	A1 (2...8)	8,7	0,28	4,35
26	A1 (3...12)	2,0	0,01	—

загрязнения и типа почв на ППП, однако в гумусовом горизонте величина этого показателя велика и достигает 8-11 единиц (табл. 2).

Такое различие величин показателя активного загрязнения почв гумусового и нижележащих горизонтов объясняется качественно неоднородным составом образующихся фторсоединений с гумусовыми веществами и биоорганическими соединениями лесной подстилки, а также с минеральными и органо-минеральными компонентами почв.

Сравнительный анализ накопления подвижных форм фтора в почве постоянных пробных площадей и пространственного распределения атмосферных осадков в виде снега (табл. 2) показал, что одним из наиболее информативных критериев загрязнения лесных почв может служить коэффициент накопления фтора. Коэффициент накопления фтора, выраженный отношением содержания водорастворимого фтора в почве ППП к его содержанию в снежном покрове (снежной воде), является косвенным показателем, отражающим значение таких факторов, как интенсивность техногенных потоков, ландшафт местности, состав древостоя, свойства почв. Величина коэффициента накопления фтора в почве имеет четко выраженную тенденцию к возрастанию на ППП, расположенных на дальних расстояниях от ПКЗ. Так, если на ППП 1,5 км содержание фторидов в почве (горизонт А1) и в снежной воде составляет 12,6 мг/кг и 1,41 мг/кг соответственно, то есть коэффициент накопления поллютанта равен 8,9, то на расстояниях 4,5; 15 и 26 км от ПКЗ коэффициент накопления в 1,7; 3,5 и 31,5 раз выше соответственно, чем на ППП 1,5 км, что говорит о тенденции к накоплению водорастворимых форм фторсодержащих соединений, поступающих с газовыми выбросами ПКЗ на дальние пробные площади (ППП 15 и ППП 26 км).

Таким образом, в результате исследования накопления фторсодержащих поллютантов в компонентах лесного биогеоценоза нами еще раз подтверждено, что лесная подстилка и верхние органические горизонты почвы являются аккумуляторами подвижных форм фтора.

Показано, что в качестве критерия оценки загрязнения лесных экосистем могут быть использованы показатель активного загрязнения и коэффициент накопления фтора в почве, которые характеризуют буферную способность лесных почв по отношению к фторсодержащим поллютантам.

#### Библиографический список

Коковкина Т. Ф., Бабушкина Л. Г. Техногенное загрязнение лесных почв // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург, 1993. Вып. 16. С. 199—207.

Смит. У. Х. Лес и атмосфера: Взаимодействие между лесными экосистемами и примесями атмосферного воздуха. М., 1985. 428 с.

Шебалова Н. М., Коковкина Т. Ф., Бабушкина Л. Г. Взаимосвязь накопления фторсодержащих соединений в лесной подстилке и почве с видовым составом микроскопических грибов // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1990. Вып. 15. С. 163—172.