КИСЛОТОНЕЙТРАЛИЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ ВОД СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ ПРИ СНИЖЕНИИ АЭРОТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫМ КОМБИНАТОМ

Ершов В.В., Исаева Л.Г., Иванова Е.А.

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Анапты, slavo91@gmail.com, isaeva@inep.ksc.ru, ivanova@inep.ksc.ru

Почва является важнейшим компонентом лесных экосистем и служит аккумулятором техногенных соединений элементов, вовлекаемых в биогеохимические циклы. Важной составляющей почвы является вода, заполняющая пространства между твердыми частицами. Химический состав почвенных вод позволяет получить информацию, как о доступности соединений элементов питания, так и о негативном воздействии поллютантов на лесные экосистемы. Важнейшим фактором почвообразования, внутрисистемных биогеохимических циклов и питания растительных сообществ является почвенная кислотность [4, 6]. Значимый вклад в кислотность почв и почвенных вод вносит древесный опад, который является крупнейшим источником органического вещества и элементов питания почвы [3]. Воздушное промышленное загрязнение является крупномасштабным фактором, оказывающим негативное воздействие на лесные экосистемы в зоне воздействия предприятий АО «Кольская ГМК». Загрязняющие вещества вызывают повреждения ассимилирующего аппарата хвойных древесных растений и дефолиацию деревьев не только в фенологические сроки, что способствует увеличению количества опада [2, 3, 7] и, соответственно, изменению кислотности почв и почвенных вод. Биохимический состав исходного растительного материала и характер опада (свежий, гумифицированный) заметно влияют на качественный состав мобильных соединений почвенного гумуса, присутствующих в почвенных водах. Повышению кислотности почвенных вод способствуют кислотные дожди, формирующиеся в результате выбросов в атмосферу соединений серы и других кислотообразующих агентов. Важнейшей почвенно-химической характеристикой является кислотно-основная буферность почвы, которую определяют, как способность почвы противостоять изменению pH при добавлении к почве кислоты или основания. Так как значения pH почвы измеряются в водной фазе, буферность экспериментально характеризуют как способность жидкой фазы почвы, находящейся в равновесии (или в контакте) с твердой фазой, противостоять изменению pH. В мировой литературе при оценке буферности почв к кислотам широко используются понятие и термин «кислотонейтрализующая способность (ANC) почвы» [5].

Цель данного исследования – оценить кислотонейтрализующую способность почвенных вод северотаежных лесов при снижении аэротехногенного загрязнения с учетом меж- и внутрибиогеоценотического варьирования.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили почвенные воды в ельниках кустарничково-зеленомошных и сосняках кустарничково-лишайниковых на разных стадиях дигрессии.

Почвы на объектах исследования представлены Al-Fe-гумусовыми подзолами. Отбор проб почвенных вод выполнен на мониторинговой сети площадок ИППЭС КНЦ РАН. Пробные площади (ПП) находятся на разном удалении от источника загрязнения - комбината «Североникель»: 7-10 км – стадии соснового и елового техногенного редколесья, 28-31 км – дефолирующие леса и более 100 км – фоновая территория. Каждая ПП оснащена лизиметрами гравитационного типа (12 шт. на ПП) расположенными на разной глубине в соответствии с генетическими горизонтами почв (A0, E, Bhfa, BC/C) и с учетом микромозаичной структуры биогеоценоза (под кронами и между крон) [3]. Образцы вод фильтровались через бумажный фильтр «синяя лента». Металлы определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии, анионы (нитраты и сульфаты) – методом ионообменной хроматографии. Для оценки способности почвенных вод к нейтрализации кислоты использовали показатель кислотонейтрализующей способности (ANC), рассчитываемый в мг-экв/л как разность между суммой доминирующих катионов ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+} + \text{NH}_4^{+}$) и суммой анионов ми-

неральных кислот ($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$) [8]. Согласно отчетности по площадке Мончегорск АО «Кольская ГМК» за 2012 г., компания в течение 8 лет соблюдает норматив предельно допустимых выбросов. Это способствовало снижению выбросов сульфатов по площадке Мончегорск за период 1990-2014 гг.: SO_2 (тыс.т/год) – с 232.5 до 33.5 (в 6.9 раза) (данные АО «Кольская ГМК»). Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ Statistica 10 (анализ Манна-Уитни) и MS Excel (описательная статистика).

Результаты исследования

На фоновой территории показатель ANC в водах из всех горизонтов почв в подкروновых и межкروновых пространствах в еловых и сосновых лесах уменьшается с глубиной и имеет положительное значение (таблица 1), за исключением почвенных вод из ВС горизонтов в межкروновых пространствах еловых лесов. Снижение показателя ANC с глубиной можно наблюдать в еловых и сосновых лесах в подкروновых и межкروновых пространствах, что связано со снижением концентраций низкомолекулярных алифатических органических кислот [1]. В еловых и сосновых лесах показатель ANC в водах подкروновых пространств достоверно выше ($p < 0.05$), чем в межкروновых пространствах, исключение составляют почвенные воды из ВС горизонтов – значения показателя здесь достоверно не различимы.

Таблица 1. Значения показателя ANC (мг-экв/л) в почвенных водах еловых и сосновых лесов.

Тип состояния	Глубина	Еловые леса	Сосновые леса	Еловые леса	Сосновые леса
		Под кронами деревьев		Между крон деревьев	
Фон	A0	0.68*	0.80	0.24	0.45
		0.05**	0.06	0.02	0.04
	E+B	0.26	0.39	0.14	0.25
		0.04	0.02	0.02	0.02
	BC	0.14	0.13	-0.001	0.15
		0.03	0.02	0.02	0.02
Стадия затухающей дефолиации	A0	0.03	0.30	0.35	0.21
		0.03	0.02	0.02	0.01
	E+B	-0.09	0.04	0.07	0.02
		0.03	0.02	0.01	0.01
	BC	-0.06	0.05	0.01	0.03
		0.01	0.02	0.01	0.01
Редколесье	A0	-0.15	0.07	-0.03	0.01
		0.02	0.03	0.01	0.02
	E+B	-0.08	-0.07	-0.07	0.02
		0.02	0.02	0.01	0.01
	BC	-0.07	0.004	-0.07	
		0.02	0.01	0.02	

Примечание: * – среднее значение, ** – стандартная ошибка

Различия в значениях показателя ANC между фоновой территорией и дефолирующими лесами – достоверны ($p < 0.05$), за исключением почвенных вод из ВС горизонтов еловых лесов в межкروновых пространствах. В почвенных водах дефолирующих еловых и сосновых лесов значение показателя ANC ниже, чем на фоновой территории, за исключением вод из E+B в межкروновых пространствах еловых лесов и вод из E+B горизонтов в подкроновых пространствах сосновых лесов (здесь различия не достоверны).

В дефолирующих лесах показатель ANC в водах из минеральных горизонтов в межкروновых пространствах еловых лесов достоверно выше, чем в подкروновых пространствах. Это может быть обусловлено интенсивным потоком кислотообразующих веществ с осадками под кронами, а также увеличением количества растительного опада, вызванного дефолиацией хвойных деревьев. Показатель ANC имеет отрицательное значение только в еловых лесах под кронами деревьев в водах из минеральных горизонтов почв.

В еловом и сосновом *техногенном редколесье* значение показателя кислотонейтрализующей способности в почвенных водах из всех горизонтов почв подкроновых и межкроновых пространств ниже, чем на фоновой территории. При увеличении техногенной нагрузки на еловые и сосновые леса происходит нивелирование внутрибиогеоценотических различий в показателе ANC.

Показатель ANC имеет отрицательное значение в еловых лесах в подкроновых и межкроновых пространствах и в сосновых лесах в подкроновых пространствах в водах из Е+В горизонтов. Снижение показателя ANC в дефолирующих и техногенных лесах связано, со снижением концентраций низкомолекулярных алифатических кислот и увеличением концентраций анионов минеральных кислот.

Заключение

В результате проведенных исследований установлена значительная внутри- и межбиогеоценотическая вариабельность показателя кислотонейтрализующей способности почвенных вод в ельниках и сосняках на разных стадиях техногенной дигрессии. При увеличении техногенной нагрузки на еловые и сосновые леса происходит снижение показателя ANC в дефолирующих лесах и техногенных редколесьях, и нивелирование внутрибиогеоценотических различий в показателе ANC.

Исследование проводилось при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-35- 00170 мол_а).

Литература

1. Артемкина Н.А., Горбачева Т.Т., Лукина Н.В. Низкомолекулярные органические кислоты в почвенных водах лесов Кольского полуострова // Лесоведение. 2008. № 6. С. 37-44.
2. Иванова Е.А., Лукина Н.В. Варьирование массы и фракционного состава древесного опада сосняков кустарничково-лишайниковых при аэротехногенном загрязнении // Лесоведение. 2017. № 5. С. 47-58.
3. Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. Ч. 1. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 1996. 216 с.
4. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ. 1985. 376 с.
5. Соколов Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Изд. 2-е, испр. и доп. Тула: Гриф и К. 2012. 124 с.
6. Сухарева Т.А. Пространственно-временная изменчивость кислотности почв северотаежных лесов при снижении техногенной нагрузки // Вест. Мурманского государственного технического университета, 2018. № 21. С. (в печати).
7. Ярмишко В.Т., Лянгузова И.В. Многолетняя динамика параметров и состояния хвои *Pinus sylvestris* в условиях аэротехногенного загрязнения на Европейском Севере // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 2013. Вып. 203. С. 30-46.
8. Van Breemen N., Driscoll C. T., Mulder J. Acid deposition and internal proton sources in acidification of soils and waters // Nature. 1984. V. 307. P. 599-604.