УДК 556.51:556.114.6

ПОСТУПЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ЛЕСНОЙ ВОДОСБОР

Карпечко Ю.В., Кравченко И.Ю.

ФГБУН «Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН», Петрозаводск, e-mail: irina_potapova@inbox.ru

Вследствие взаимодействия воды с частями дерева при прохождении осадков через полог леса концентрация многих элементов в них увеличивается. Существенное влияние на изменение концентрации катионов оказывает кислотность осадков. Количество поступающих на наземную поверхность веществ зависит от концентрации их в осадках, от изменения их концентрации в кронах деревьев и испарения задержанной влаги пологом леса.

Ключевые слова: атмосферные осадки, лесной водосбор, трансформация химического состава атмосферных осадков

INPUT OF CHEMICAL SUBSTANCES ONTO FOREST CATCHMENT

Karpechko Y.V., Kravchenko I.Y.

Northern Water Problems Institute, Petrozavodsk, e-mail: irina_potapova@inbox.ru

Due to the interaction of water with the parts of the tree during the passage of precipitation through the canopy of the forest, the concentration of many elements in precipitating water increases. The acidity of precipitation has a significant impact on the change in the concentration of cations. The amount of substances arriving at the ground surface depends on their concentration in precipitation, changes in their concentration in the canopy and evaporation of moisture detained by the forest canopy.

Keywords: atmospheric precipitation, forest catchment, transformation of chemical composition of atmospheric precipitation

Химический состав воды рек и озер зависит от геологического строения водосборов, состава горных пород верхней части земной коры, почвенных условий и растительного покрова. Важным звеном в формировании химического состава вод являются выпадающие на территорию водосборов атмосферные осадки, состав которых формируется в период образования и перемещения облаков и при выпадении.

Поступающие на лесной водосбор атмосферные осадки трансформируются растительным покровом и почвогрунтовой толщей. Преобразованию химического состава осадков древесной растительностью посвящены многие работы, в частности, [1, 2, 4, 9]. Основной целью большинства исследований является оценка степени изменения концентрации ингредиентов в осадках после их прохождения через кроны и роли в этом процессе породного состава древостоя. Вопросу влияния таксационных характеристик древостоя на преобразование химического состава осадков внимания уделялось не достаточно, что затрудняет использование полученных результатов в других лесах, даже расположенных вблизи места исследования. В этой связи интерес может представлять анализ данных наблюдений в сосняке и ельнике южной Карелии, выполненных Институтом леса КарНЦ РАН при участии лаборатории гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН [2].

Материалы и методы исследования

Наблюдения за химическим составом атмосферных осадков проводились круглогодично в течение 2009-2012 гг. Осадки собирались непосредственно под кронами и на открытых участках между кронами (в «окнах»). Химический анализ проб атмосферных осадков проводился в лаборатории лесного почвоведения и микробиологии Института Леса, в аналитической лаборатории ИЛ и в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН. Для химического анализа использованы методики, представленные в [2] и аттестованные методики [5]. Таксационные характеристики объектов исследований имеются в работе [8].

Осадки, отобранные на открытых участках, позволяли судить о химическом составе атмосферных осадков на верхней границе полога леса, хотя в них возможны незначительные изменения концентрации некоторых элементов. Это связано с тем, что капли с крон могли попадать под влиянием ветра в осадкосборники, установленные под «окнами».

Результаты исследования и их обсуждение

Химический состав атмосферных осадков зависит от сезона. Летние осадки, по сравнению с зимними, имеют более высокую концентрацию практически всех химических веществ. Эти различия сохраняются и в химическом составе осадков, просочившихся сквозь полог леса. Наиболее они ощутимы в концентрациях калия, магния и фосфора. Однако, количество нитратов в атмосферной воде в летний период меньше, чем зимой. Такое же сезонное со-

отношение нитратного азота в осадках отмечается и на метеорологических станциях Европейского Севера России [7].

Изменения химического состава атмосферных осадков древесной растительностью в значительной степени объясняются смыванием с поверхности ветвей и листьев (хвои) задержанных ими веществ из атмосферного воздуха и непосредственным взаимодействием частей растения с водными растворами химических элементов, при котором возможно как увеличение концентрации в осадках, так и ее снижение. Важной задачей является установление роли каждого из этих процессов.

В преобладающем числе случаев из всех наблюденных в сосняке и ельнике концентрация большинства веществ в осадках возрастала после их прохождения через кроны (табл. 1). Изменение получено как разность между концентрациями веществ в осадках, прошедших через кроны древостоя и через «окна». Достаточно часто отмечалось только уменьшение содержания нитратов, что, по-видимому, объясняется их поглощением растениями. Уменьшение в подкроновых водах других элементов наблюдалось только в единичных случаях.

Из обширного обзора различных исследований, приведенных в работе [10], следует, что в результате сложного взаимодействия с растениями осадки обогащаются большим набором неорганических и органических соединений. В наибольших количествах в осадки поступают калий, кальций, натрий и магний. По мнению ряда исследователей, одним из важных факторов, определяющих поступление катионов из растений в омывающую их воду, является кислотность осадков. Причем, наибольший эффект потери растениями элементов достигался в пределах pH 3.3 – 4.0 [6].

Для оценки влияния кислотности осадков на трансформацию их химического состава хвойной растительностью были рассмотрены зависимости между изменениями концентрации элементов с одной стороны и величинами pH осадков с другой стороны. Для тех веществ, для которых отмечены наибольшие по абсолютной величине изменения, получены достаточно достоверные зависимости (коэффициенты корреляции изменяются в пределах 0,5 – 0,7) (рисунок).

Вероятно, количества вещества, поступающего в осадки или теряемого ими, зависит от числа дождевых капель, взаимодействующих с растением, поэтому величину изменения концентраций элементов в воде осадков можно рассматривать как функцию густоты кронового пространства, выражаемую через величину листового индекса. В этом случае концентрацию i-го элемента в прошедших через кроны осадках следует определять по формуле:

$$C_{Pci} = k_{Pci} \times LAI + C_{Pi}, \qquad (1)$$

где C_{Pci} – средневзвешенная (с учетом «окон») концентрация i – го химического вещества в воде, прошедшей через полог леса, мг/л; C_{Pi} – концентрация i – го химического вещества в воде осадков на верхней границе кронового пространства, мг/л; LAI – листовой индекс, га/га; k_{Pci} – изменение концентрации i – го химического вещества в осадках при их взаимодействии с единицей листового индекса, (мг га)/(л га).

Расчеты по (1) дают приближенные результаты, так как увеличение концентрации элементов в осадках, несомненно, ограничено сверху, поэтому для высокопродуктивного древостоя использование формулы может привести к завышению результатов.

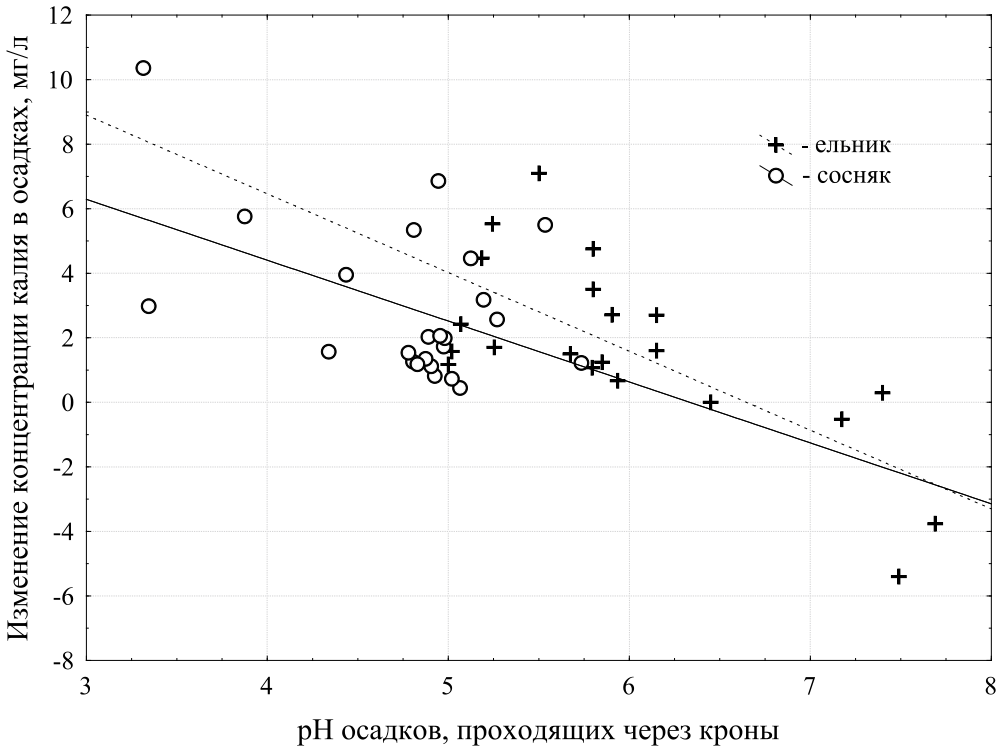
Коэффициент k_{Pci} определяется при наличии наблюдений в исследуемом районе по формуле:

$$k_{Pci} = \left(C_{Pci} - C_{Pi}\right) / LAI. \qquad (2)$$

Таблица 1

Изменение осредненных за период наблюдений величин pH осадков и концентрации химических веществ в них после прохождение через кроны древостоя

Сезон	pH	K^+, мг/л	Ca^{2+}, мг/л	Mg^{2+}, мг/л	SO_4^{2-}, мг/л	$P_{общ}$, мг/л	NH_4^+, мгN/л	NO_3^-, мгN/л	$N_{общ}$, мгN/л	Si, мг/л
Сосна										
Лето	– 0,61	2,70	1,75	0,26	3,08	0,011	0,77	0	0,01	0,08
Зима	– 0,09	0,05	0,12	0,02	1,30	0,0046	0,01	0,07	0,02	0,01
Год	– 0,42	1,76	1,16	017	2,43	0,0081	0,51	0	0,01	0,06
Ель										
Лето	– 0,17	1,67	1,89	0,28	3,48	0,302	1,48	0,04	0,38	0,09
Зима	0,05	0,81	0,44	0,03	2,37	0,130	0,03	– 0,05	0,12	0,17
Год	– 0,08	1,25	1,37	0,19	3,13	0,261	0,95	– 0,01	0,30	0,11



Зависимость величин изменения концентрации калия в осадках после прохождения через кроны древостоя от их кислотности

Таблица 2

Изменение концентрации *i* – го химического вещества единицей листового индекса

K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	$P_{общ}$	NH_4^+	NO_3^-	$N_{общ}$	Si
Сосняк								
0,65	0,43	0,06	0,90	0,004	0,18	0	0,004	0,02
Ельник								
0,21	0,24	0,03	0,54	0,045	0,16	– 0,002	0,05	0,02

Таблица 3

Поступление некоторых химических веществ на верхнюю границу полога леса и на наземный покров при разных значениях листового индекса

LAI	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	$P_{общ}$	NH_4^+	NO_3^-	$N_{общ}$	Si
га/га	кг/га	кг/га	кг/га	кг/га	кг/га	кгN/га	кгN/га	кгN/га	кг/га
Сосняк									
0	10,7	7,84	1,08	17,4	0,17	1,55	2,16	4,06	0,51
2	13,6	9,64	1,36	21,2	0,17	2,56	1,90	3,59	0,56
4	16,6	11,6	1,65	25,3	0,18	3,52	1,78	3,39	0,64
6	19,5	13,4	1,92	29,2	0,19	4,39	1,69	3,24	0,71
Ельник									
0	18,1	15,28	2,84	44,14	1,11	3,85	1,96	5,68	1,35
2	17,9	15,7	2,80	43,8	1,19	4,97	1,68	5,45	1,37
4	18,7	16,9	2,92	46,0	1,32	6,16	1,55	5,58	1,46
6	19,6	18,1	3,05	48,3	1,45	7,23	1,44	5,72	1,55

При этом концентрация химических веществ в осадках, прошедших через полог леса, определяется как средневзвешенная величина с учетом сомкнутости крон. Величина листового индекса рассчитывается по методу, описанному в [3], с использованием имеющейся в учреждениях лесного хозяйства информации.

Для осредненных за год условий по данным наблюдений в сосняке и в ельнике южной Карелии для некоторых веществ были получены коэффициенты k_{Pci} (табл. 2).

Важной величиной, наряду с концентрацией, является количество i – го химического вещества, поступающего на единицу площади. Количество вещества, поступающего на верхнюю границу кронового пространства (I_{Pi}, кг/га), определяется по формуле:

$$I_{Pi} = C_{Pi} \times P / 100 \qquad (3)$$

где P – атмосферные осадки, мм.

Количество вещества, поступающего на наземный покров (I_{Pci}), зависит от концентрации этого вещества в прошедших через полог леса осадках и от их испарения с полога леса (E_i):

$$I_{Pci} = C_{Pci} \times \left(P - E_i\right) / 100 \qquad (4)$$

Годовая величина испарения с полога леса для таежной зоны определяется как сумма из испарения осадков с крон древостоя в теплый период, испарения снега с полога леса и испарения осадков с полога леса в периоды, когда равновероятно выпадение жидких и твердых осадков. Методы расчета этих величин изложены в [3].

В табл. 3 представлены результаты расчета по (4) количества некоторых элементов, поступивших на земную поверхность под полог леса. Концентрация элементов в осадках определялась по (1), а ее изменение единицей листового индекса по табл. 2. Нужно отметить, что даже с учетом ошибок в определении всех параметров, расчеты позволяют судить о соотношении поступающих под полог леса веществ и о влиянии на их величину густоты древостоя. В условиях южной Карелии больше всего на земную поверхность под полог леса поступают сульфаты, калий и кальций. Их количество заметно возрастает с увеличением густоты древостоя. Изменение других элементов в меньшей степени связано с густотой леса. При этом количество нитратов, достигших наземного покрова убывает с увеличением листового индекса, это относится и к общему азоту в сосняке (табл. 3).

Выводы

Концентрация многих химических веществ в осадках возрастает при их взаимодействии с кронами древостоя. В большей степени это относится к калию, кальцию и сульфатам. Наблюдаемое снижение концентрации некоторых веществ обусловлено, по-видимому, их поглощением растениями.

Существенное влияние на изменение концентрации катионов оказывает кислотность осадков, с возрастанием которой увеличивается их поступление из растений в осадки.

С увеличением густоты древостоя поступление под полог леса сульфатов, калия и кальция возрастает, а нитратов – снижается.

Список литературы

1. Алексеенко В.А. Влияние полога леса на круговорот химических элементов на лесном водосборе Северо-Запада ЕТС // Водные ресурсы. – 1991. – № 3. – С. 57–64.

2. Бахмет О.Н., Федорец Н.Г., Ласточкина В.Г. Химический состав атмосферных осадков и почвенных вод Карелии. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. – 34 с.

3. Карпечко Ю.В., Бондарик Н.Л. Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таежной зоне Европейского Севера России. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. – 225 с.

4. Погребняк Ю.Ф., Сусленкова Р.М., Толочко В.В. Роль транспирации растений в формировании состава дождевых вод // Доклады АН СССР. – 1983. – Т. 272. – № 4. – С. 968–970.

5. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 1 / под. ред. Л.В. Боевой. – Ростов-на-Дону. – «НОК», 2009. – 1044 с.

6. Смит У.Х. Лес и атмосфера. – М.: Прогресс. – 1985. – 430 с.

7. Федорова В.А., Торсуев Н.П. Особенности выпадения и стока неорганического азота на севере Русской равнины // Журнал экологии и промышленной безопасности. – 2010. – № 1. – С. 5–13.

8. Федорец Н.Г., Солодовников А.Н., Мошкина Е.В., Преснухин Ю.В., Тимофеева В.В. Почвы хвойных и мелколиственных лесов // Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемвх средней тайги. – М.: Наука, 2006. – С. 98–147.

9. Шильцова Г.В., Ласточкина В.Г. Влияние полога соснового и березового леса на химический состав осадков в заповеднике «Кивач» // Труды КарНЦ РАН. – Вып. 10. – Петрозаводск, 2006. – С. 180–184.

10. Tukey H.B. The leaching of substances from plants // Annual review of plant physiology. – 1970. – 21. – P. 305–324.