

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ В ЗОНЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА (ЦБП)

© 2010 Т.А. Пристова, М.И. Василевич

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

Поступила в редакцию 14.12.2010

Проведены исследования снежного покрова на открытых пространствах и в лесных насаждениях различного состава древостоя и возраста. Выявлено, что в фоновых условиях древостоев, помимо влияния на количественные показатели снежного покрова, увеличивает концентрацию калия, натрия, марганца и сульфатов, снижает рН, содержание кадмия, никеля и нитритов в снежном покрове (по отношению к открытым пространствам). Влияния лесных экосистем на содержание в снеговых водах магния, меди, цинка, фосфатов, хлоридов, гидрокарбонатов и ионов аммония практически не наблюдается. Установлено, что влияние древостоев на химический состав твердых атмосферных осадков в зоне выбросов целлюлозно-бумажного производства (ЦБП) проявляется в снижении концентрации практически всех определяемых компонентов.

Ключевые слова: средняя тайга, лесные экосистемы, снежный покров, аэротехногенное загрязнение.

Снежный покров способен накапливать и сохранять вещества, поступающие на поверхность почвы из атмосферы. В условиях северных ландшафтов, где снежный покров сохраняется в течение 6-8 месяцев, оценка количества атмосферных выпадений определяется химическим составом снежного покрова. В отличие от дождевых осадков, снег в условиях Севера аккумулирует различные вещества, поступающие из атмосферы в течение длительного времени, благодаря чему является важным объектом мониторинга, отражающим степень воздействия промышленных предприятий на окружающую среду [1].

Атмосферные осадки являются компенсатором элементов, особенно серы, из атмосферы в биологическом круговороте лесных экосистем. Лесные экосистемы оказывают существенное влияние на изменение химического состава и количество атмосферных осадков. Снег, проходя сквозь полог древостоя, претерпевает изменения за счет захвата частицами снега веществ, накопленных на поверхности хвои, сучьев и стволов деревьев в процессе их жизнедеятельности [2, 3]. В условиях аэротехногенного загрязнения атмосферные осадки приносят часть загрязняющих веществ из атмосферы на поверхность почвы. Снег является достаточно информативным, интегральным показателем поступления вещества в экосистемы из атмосферы [1].

*Пристова Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела лесобиологических проблем Севера.*

*E-mail: pristova@ib.komisc.ru*

*Василевич Мария Ивановна, кандидат биологических наук, инженер филиала ООО "Газпром ВНИИГАЗ в г. Ухта". E-mail: rvasilovich@rambler.ru*

Исследования проводились в 1996-1998 гг. и 2005-2007 гг. на территории Республики Коми. Фоновые участки располагались в окрестностях д. Ляли (участок № 1) (80 км от ЦБП) и д. Кыльтово (участок № 2) (100 км от ЦБП) Княжпогостского района на постоянных пробных площадях (ППП). В качестве техногенно нарушенных участков выбрали два места на северной и южной границе санитарно-защитной зоны ЦБП: микрорайон Строитель Эжвинского района г.Сыктывкара (участок № 3) и временный деревнянский поселок (ВДП) (участок № 4), которые находятся в радиусе 1.5...2 км от ЦБП.

Для исследований выбраны:

1) 3 средневозрастных лиственно-хвойных насаждения 35-45 летнего возраста сложных по составу древостоя на участках № 1, 2 и 4. Данные насаждения являются производными, возникшими в результате рубки еловых и сосновых лесов. Для них характерно формирование второго яруса из ели и преобладание березы и осины в верхнем ярусе.

2) 2 березовых молодняка, формирующихся на месте вырубок ельников и сосняков на участках № 2 и 4. В их составе присутствует ива и осина.

3) Хвойные насаждения представлены двумя ельниками черничными (120-летнего возраста) на участках № 1, 3 и 2 сосняками (130-летнего возраста) на участках № 1, 4 (по данным Торлоповой, Робакидзе).

4) Открытые пространства на участках №1, 2, 3, 4.

В лесных насаждениях снег отбирали под кронами основных доминирующих древесных

пород и в межкороновых пространствах (“окнах”).

Для района исследований продолжительность снежного периода составляет 182 дня в году. Максимальная концентрация химических элементов и запас снега наблюдается в первой декаде апреля.

Все исследования, включая отбор проб, хранение образцов снежного покрова, их количественный химический анализ (КХА), выполнены в соответствии с РД 52.04.186-89 “Руководство по контролю загрязнения атмосферы”. КХА был выполнен в аккредитованной экоаналитической лаборатории “Экоаналит” Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Кислотность (рН) снеговых вод для изучаемых фоновых объектов варьирует от 4.71 до 6.05 в зависимости от места отбора проб, типа насаждения и года исследования (рис. 1). В целом реакция снеговых вод кислая или слабокислая.

Содержание органического углерода (по ХПК) в снеговых водах фоновых объектов минимально (< 5.0 мг/л).

Согласно нашим исследованиям, общая тенденция воздействия лесных экосистем на химический состав снежного покрова фоновой территории проявляется в увеличении концентрации калия, натрия, марганца и сульфатов и снижении содержания кадмия, никеля и нитритов в снежном покрове (по отношению к открытым пространствам). Влияния на содержание магния, меди, цинка, фосфатов, хлоридов, гидрокарбонатов и ионов аммония практически не наблюдается. Концентрация Cu, Zn, Pb в снежном покрове очень низкая и практически не подвержена влиянию древостоя.

Кислотность (рН) снежного покрова откры-

тых пространств на различных объектах варьировала от 4.14 до 9.05. На фоновой территории (участки №№1, 2) реакция снеговых вод кислая или слабокислая, на участке №3 – слабокислая или нейтральная, №4 – щелочная (рис.1). Согласно данным Кондратенка Б.М. с соавт. (1995) [1] кислотность снежного покрова вблизи источника загрязнения характеризуется как нейтральная либо слабощелочная (рН=7.0ч7.8). По мере удаленности от источника загрязнения показатель рН как правило, снижается, что связано с высокой концентрацией в воздушных загрязнителях ЦБП щелочных компонентов, таких как  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{NaOH}$  [1]. Резкое понижение значения водородного показателя наблюдается на юге от предприятия, что объясняется преобладанием на данной территории ветра южного и юго-западного направлений и направленности шлейфа от выбросов на северо-восток. Влияние выбросов ЦБП на кислотность твердых атмосферных осадков направлено в сторону увеличения рН. Сильнощелочная реакция снеговых вод в районе ВДП связана с высокой концентрацией гидрокарбонат-ионов.

Показатель ХПК, отражающий содержание органических соединений в снеговых водах, в наиболее чистом фоновом районе (м. Кылтово) отличается минимальным значением, не превышающим 5 мгО/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация наблюдается на ВДП и составляет 65 мгО/дм<sup>3</sup>. Остальные объекты характеризуются средними значениями ХПК.

Как известно, снег более эффективно, чем дождевые осадки выводит из атмосферы твердые примеси, аккумулирует пыль в результате ее гравитационного осаждения. Пыль, раство-

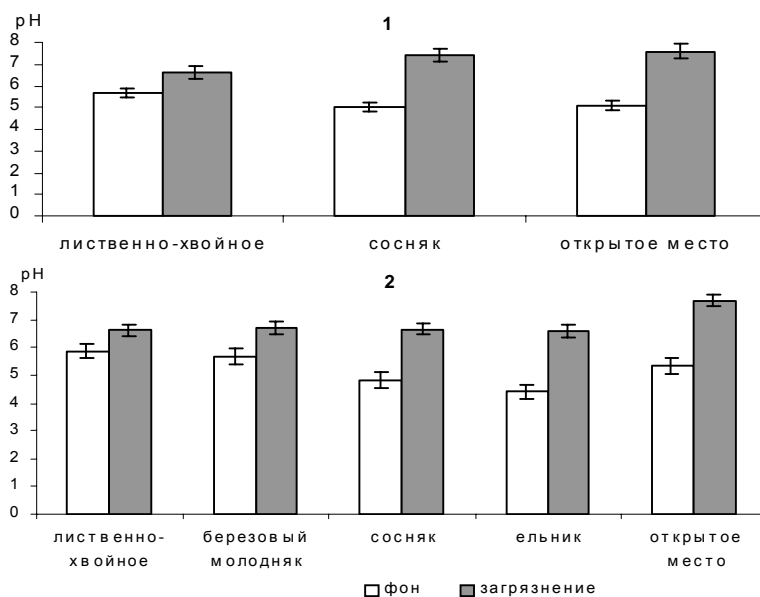


Рис. 1. Среднегодовой показатель рН в снеговых водах лесных сообществ и открытых пространств за 1996-1998 гг. (1) и 2005-2007 гг. (2)

ряясь в снеге, обогащает снеговые воды щелочноземельными элементами [1]. Концентрация ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cu}$  и  $\text{Zn}$  в районе пос. ВДП значительно (в 3...140 раз) превышает их содержание в снежном покрове фонового района. Для  $\text{Cd}$  можно отметить следующую особенность: в снеговых водах фоновых территорий его концентрация гораздо ниже, чем на загрязненном участке №4, однако его максимальная концентрация зафиксирована на участке №3 (в 2 раза выше, чем на уч. №4). Это вполне можно объяснить влиянием других факторов – автомобильного транспорта и деятельностью коммунальных служб. Содержание  $\text{Mn}$  и  $\text{Ni}$  также отличается от распределения вышеперечисленных ионов. На уч. №3 его содержится значительно больше, чем в фоновом районе, но меньше, чем на уч. №4. По сравнению с фоном концентрация  $\text{Mn}$  в снеговой воде на уч. №4 выше в 1190 раз. Высокое содержание марганца в снеге данной территории обусловлено выбросами предприятия, поскольку повышенное содержание его характерно для сжигаемых отходов переработки хвойной древесины.

Концентрация  $\text{Fe}$  на уч. №4 в 2167 раз превышает фоновую. Повышенные концентрации железа, также как и никеля, в снежном покрове вблизи ЦБП не связано с выбросами, а результат локальных загрязнений территории в процессе ремонтных и других работ на данном предприятии.

Содержание гидрокарбонатов в фоновых районах имеет низкие концентрации – 0.6-6.2 мг/дм<sup>3</sup>, на уч. №4 в условиях аэротехногенного загрязнения – 76.4 мг/дм<sup>3</sup>. Количество гидрокарбонатов в снежном покрове определяется выбросами  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Оксид углерода является основным компонентом выбросов целлюлозно-бумажного предприятия. Доля его в общем эмиссионном объеме может составлять 50...70 % [4].

Нами было рассчитано количество компонентов, поступающих на единицу площади. Согласно этому показателю, поступление сульфатов, кальция, магния, калия и натрия в зоне влияния ЦБП выше, чем на фоновых территориях. Коэффициент накопления  $\text{Шоу}$  на фоновых территориях варьирует от 0.10 до 0.54, а на загрязненных от 0.41 до 4.07.

Сопоставляя эти данные с показателями, полученными ранее сотрудниками Коми научного центра в 1990...1993 гг. [1] можно отметить следующее:

- 1) за прошедшие 15 лет поступление хлоридов, нитритов, марганца, кадмия и ионов-аммония с твердыми атмосферными осадками не претерпело существенных изменений;
- 2) Количество сульфатов, железа и цинка в

снежном покрове уменьшилось, а кальция, калия и натрия увеличилось.

Полученные результаты полностью согласуются с характеристикой выбросов ЦБП и отражают реальное техногенное воздействие предприятия на экосистемы. Для большинства определяемых компонентов превышения ПДКр.х. (предельно допустимая концентрация для вод рыбохозяйственного назначения) не выявлено. Исключение составляют нитриты (1.4...6.7 ПДК), ионы аммония (1.3 ПДК), марганец (2.9ч11.9 ПДК) и цинк (1.2...1.8 ПДК).

По показателю рН снежный покров лесных экосистем на фоновых и загрязненных территориях имеет аналогичную тенденцию с открытыми пространствами. Однако, следует отметить, что в зоне влияния ЦБП снеговые воды в лесу, более кислые, чем на открытом месте (рис.1). Лесные ландшафты снижают щелочность снеговых вод. В зоне влияния ЦБП, содержание  $\text{C}_{\text{орг}}$  (ХПК) в березовом молодняке в 11.8 раз ниже, а в ельнике в 4 раза ниже, чем на открытом месте. В лесных сообществах фоновой территории этот показатель в среднем не превышает 4, а в зоне влияния ЦБП – 17 мгО/дм<sup>3</sup>. В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Твердые атмосферные осадки исследуемых таежных ландшафтов отличаются кислой или слабокислой реакцией. Древостои, как правило, снижают значение рН снеговых вод.

2. Лесные экосистемы фоновой территории увеличивают концентрацию калия, натрия, марганца и сульфатов, снижают содержание кадмия, никеля и нитритов в снежном покрове (по отношению к открытым пространствам). Влияния на содержание магния, меди, цинка, фосфатов, хлоридов, гидрокарбонатов и ионов аммония практически не наблюдается.

3. Выбросы ЦБП оказывают влияние на уровень содержания практически всех определяемых элементов. Особенно значительно оно отражается на концентрации  $\text{C}_{\text{орг}}$  (ХПК),  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Fe}$ . Для большинства определяемых компонентов превышения ПДК в снеговых водах (за исключением нитритов, ионов аммония, марганца и цинка) не выявлено.

Таким образом, наши исследования позволяют судить о значительном снижении концентрации ионов под воздействием лесных насаждений в зоне влияния ЦБП (по сравнению с открытыми пространствами). Тем не менее, концентрация большинства определяемых компонентов снежного покрова лесных насаждений загрязненной территории, за исключением  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{Fe}$ , превышает таковую в фоновом районе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратенко Б.М., Лукаш В.Г., Тентюков М.П., Политова Н.К., Колегова Н.А., Штанг М.И., Смолев Е.В. Эколого-химический мониторинг урбанизированных территорий на Севере (на примере г. Сыктывкара) // Научные доклады Коми научного центра УрО РАН. 1995. Вып. 354. 24 с.
2. Карпачевский Л.О., Зубкова Т.А., Пройслер Т., Кеннел М., Гитл Г., Гочарук Н.Ю., Минаева Т.Ю. Воздействие полога ельника сложного на химический состав осадков // Лесоведение. 1998. № 1. С. 50-59.
3. Lindroos A., Derome J., Derome K., Niska K. *Deposition / Forest condition monitoring in Finland (National report 1999)*. The Finnish forest research institute, research papers 782, 2000. P.61-69.
4. Братчиков Г.Г. Очистка газовых выбросов в целлюлозно-бумажной промышленности. М.: Лесная промышленность. 1989. 256 с.

## CHEMICAL COMPOSITION OF SOLID PRECIPITATES IN FOREST ECOSYSTEMS OF BACKGROUND AREAS AND IN THE ZONE OF AEROTECHNOGENIC IMPACT OF PULP AND PAPER MILL

© 2010 T.A. Pristova, M.I. Vasilevich

Institute of Biology, Komi Science Centre UrD RAS

The study considers snow cover at open areas and in forests different by composition and age. In the background forest stand has been found not only to influence quantitative parameters of snow cover but also to increase content of potassium, sodium, manganese, and sulphates; to decrease pH, content of cadmium, nickel, and nitrites in snow cover. There exists almost no influence of forest ecosystems on content of magnesium, copper, zinc, phosphates, chlorides, hydro-carbonates, and ammonium ions. The influence of forests on chemical composition of atmospheric precipitation (snow) in the zone of aerotechnogenic impact of pulp and paper mill consists in decreasing of practically all pollutants we determine.

Key words: middle taiga, forest ecosystems, snow cover, aerotechnogenic pollution.

---

*Tatiana Pristova, Candidate of Biology, Research Fellow.*

*E-mail: pristova@ib.komisc.ru*

*Maria Vasilevich, Candidate of Biology, Engineer, "Gazprom VNIIGAZ in the Ukhta". E-mail: rvasilevich@rambler.ru*