

УДК 504.06

*Д.Н. Хайруллина***СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БАЛАНСА ИОНОВ ХЛОРА И НАТРИЯ  
В ПРЕДЕЛАХ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ**

Работа основана на оценке баланса элементов, обладающих высокой миграционной способностью в окружающей среде (ОС) в пределах фоновых территорий элементарной экогеосистемы – бассейна р. Елва Республики Коми. В результате сравнительного анализа было выявлено, что на территории наблюдается положительный баланс ионов, то есть поступление превышает их вынос. Более того, отмечено, что болотной растительностью депонируется больше хлорид-ионов, чем лесной, что обусловлено различными условиями водообмена в каждом из фитоценозов.

*Ключевые слова:* атмосферные осадки, хлорид-ионы, ионы натрия, элементарная экогеосистема, миграционная способность, лесная растительность, болотная растительность.

В последнее время нарастание совокупной антропогенной нагрузки приводит к существенному изменению биогеохимического круговорота многих элементов, что, в свою очередь, может иметь серьезные экологические и социально-экономические последствия. Так, в подавляющем большинстве случаев баланс многих веществ в пределах отдельно взятых ландшафтов является положительным, что говорит о накоплении элементов и включении их в генетическую цепочку миграции, пронизывающей каждый отдельно взятый компонент ландшафта, начиная от почв, кончая биотой и, следовательно, человеком. Поэтому становится важным отследить эти процессы на начальном уровне.

Оценка баланса активных водных мигрантов – ионов натрия и хлора – в пределах фоновых малоизмененных человеком территорий, в частности девственных лесных массивов Республики Коми, является наиболее индикаторной на биосферном (глобальном) уровне, так как позволяет отследить динамику и основные отклонения в биогеохимическом круговороте веществ на начальном этапе.

В основу работы положена информация по гидролого-гидрохимическому посту, расположенному в бассейне р. Вычегды (р. Елва – д. Мещура), а также данные наблюдений на фоновой метеостанции Усть-Вымь, находящейся в непосредственной близости с указанным постом, за период 2000-2007 гг. Кроме того, использовались материалы докладов о состоянии и охране окружающей среды Республики Коми в 2000-2007 гг. [1], а также данные Государственного комитета по статистике Республики Коми [2].

Целью настоящей работы является оценка баланса ионов натрия и хлора в пределах бореальных лесов Республики Коми.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- 1) расчет годовых значений количества ионов, поступивших на территорию с атмосферными осадками;
- 2) расчет годовых значений выноса ионов стоком с территории лесных массивов и болот;
- 3) расчет годовых значений депонирования анализируемых ионов в биомассе лесной и болотной растительности, а также торфе;
- 4) расчет величины накопления ионов на исследуемой территории.

В работе В.А. Федоровой и Р.Р. Ногманова [3] уже проводилась попытка оценки баланса элементов в пределах бассейновых геосистем на примере азота. В настоящей работе основные расчеты также выполнялись в соответствии с «Методикой расчета выноса биогенных веществ и оценки перспективного состояния загрязненности малых рек», разработанной в Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [4].

**Материалы и методы исследований**

В общем виде балансовое уравнение в пределах водосборной площади представляет собой разницу между приходной и расходной частями:

$$B = B_{\text{приходная}} - C_{\text{расходная}} \quad (1)$$

Количество натрия и хлора, выпадающего на территорию водосбора с атмосферными осадками, определялось для каждого месяца как произведение количества осадков на концентрацию ионов:

$$M = S_i \cdot C_i \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где  $M$  – модуль выпадений ионов натрия (хлорид-ионов), т/км<sup>2</sup>;  $S_i$  – количество осадков, мм;  $C_i$  – концентрация ионов натрия (хлорид-ионов), мг/л.

Годовые величины выпадения ионов натрия (хлорид-ионов) рассчитывались как сумма ежегодных выпадений.

В условиях исследуемых территорий наиболее распространены подзолистые почвы, встречаются также варианты болотных и заболоченных почв.

Величина выноса ионов с лесных территорий и болот определялась на основе методики изучения динамики и биологического круговорота в фитоценозах, разработанной Л.Е. Родиным, Н.П. Ремезовым и Н.И. Базилевичем [5]. Так, при расчете депонирования элементов в биомассе лесов использовались показатели потребления ионов различными породами деревьев, а также информация о структуре лесных и болотных фитоценозов.

Разница между количеством элемента, поступившего с атмосферными осадками и выносимого с данной территории, представляет собой показатель, отражающий депонирование иона и особенности его баланса на водосборной территории. Так, если баланс положительный, то можно говорить о процессе накопления ионов, отрицательная же величина свидетельствует об истощении (потере) данного элемента на водосборной площади.

### Результаты и их обсуждение

Сравнительный анализ среднесезонных значений составляющих баланса двух активных водных мигрантов – ионов натрия и хлорид-ионов – за период с 2000 по 2007 г. показал следующее.

Приходную часть баланса на территории верховых болот образует одна составляющая – поступление ионов с атмосферными осадками. Так, согласно расчетам в среднем за год с осадками на водосбор поступает около 5 кг/га хлора и 3 кг/га натрия (табл.). Ионов Na<sup>+</sup> с осадками поступает меньше, поскольку эти ионы способны легче вступать в обменные реакции с компонентами окружающей среды (ОС) и, как следствие, легко выводиться из растворов, тогда как Cl<sup>-</sup> в воде преимущественно инертны [6].

#### Структура баланса Cl<sup>-</sup> и Na<sup>+</sup> в пределах лесных массивов и болот средней тайги восточной части Русской равнины (2000-2007 гг.)

Составляющие выноса ионов	Cl <sup>-</sup>		Na <sup>+</sup>	
	тонны	кг/га	тонны	кг/га
Приходная часть				
Атмосферные осадки на территории лесных массивов	1191,25	5,09	706,06	3,02
Атмосферные осадки на территории болот	150,62	5,09	235,25	3,02
Итого (приходная часть)	1341,87	-	941,31	-
Расходная часть				
Сток с лесных массивов	409,77	1,75	219,58	0,94
Ежегодное депонирование хвойными лесами	23,39	0,1	78,69	0,34
Ежегодное депонирование торфом	0,0089	0,0003	0,018	0,01
Ежегодное депонирование болотной растительностью	59,45	2,01	10,35	0,35
Сток с болот	24,61	0,83	60,72	2,05
Итого (расходная часть)	517,23	-	369,36	-

Что касается структуры расходной части баланса, то она многофакторна. Поскольку площадь лесных массивов здесь почти в 8 раз превышает площадь болот (2340 км<sup>2</sup> и 300 км<sup>2</sup> соответственно), то максимальный вынос ионов связан со стоком с лесных территорий (рис. 1, 2).

Так, для ионов СГ этот показатель составляет около 80 % общего выноса, для Na<sup>+</sup> – около 60%. Эта разница может быть обусловлена большей миграционной способностью хлоридов и, как следствие, его большим содержанием как в источнике (атмосферных осадках), так и в производных средах (их стоке) (рис. 1, 2).

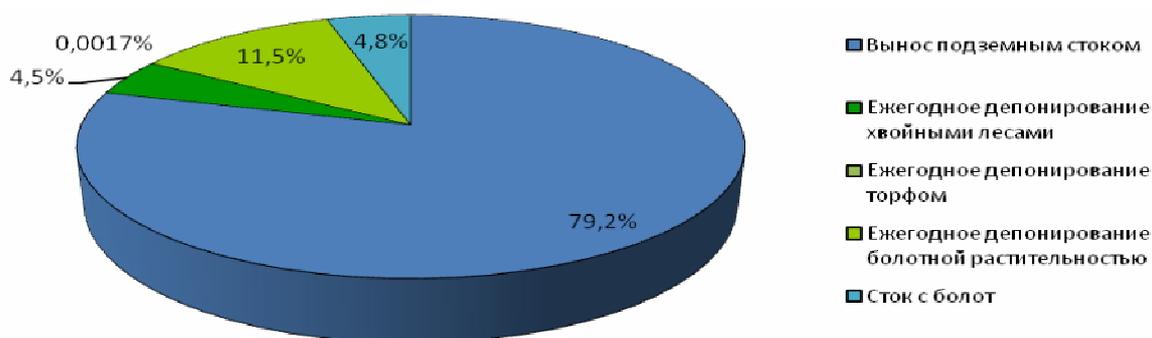


Рис. 1. Структура выноса хлорид-ионов с территории бассейна р. Елва (2000-2007 гг.)

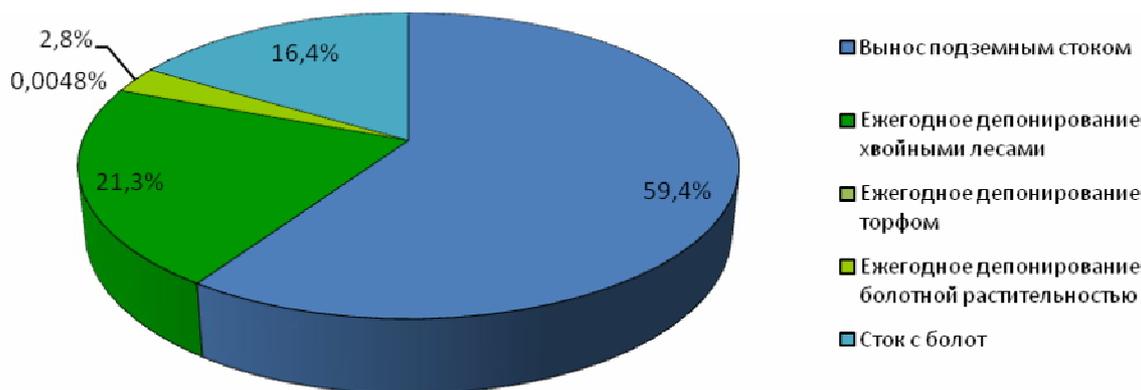


Рис. 2. Структура выноса ионов натрия с территории бассейна р. Елва (2000-2007 гг.)

Второе место по вкладу в расходную часть баланса занимает депонирование ионов растительностью леса и болот, что обусловлено замедленным биологическим круговоротом, характерным для бореальных экосистем, особенно для болот [7]. Так, анализируемая территория относится к Северо-Двинскому округу средней тайги провинции восточной части Русской равнины евразийской лесной области умеренного пояса [8]. Из древостоя здесь распространена ель, а в пределах речной долины на песчаных наносах произрастает сосна.

Здесь различная поглощающая способность ионов растениями может быть связана с дифференциацией условий накопления или, наоборот, активного выноса этих ионов с территории, то есть с различиями в гидрологических, гидрогеологических, геоморфологических и др. условиях. Так, болотной растительностью на единицу площади здесь поглощается в 4 раза больше СГ, нежели Na<sup>+</sup> (рис. 1, 2, табл.), то есть 2 и 0,35 кг/га соответственно. Это, как было сказано выше, связано с характерным для болот пониженным стоком, предопределяющим условия для накопления хлоридов. Величина вклада депонирования болотной растительностью в общий расход для СГ составляет 11,5 % (второе место после стока с лесных массивов), для Na<sup>+</sup> – 2,8 % (четвертое место) (рис. 1, 2). Сток СГ с болот также превышает сток Na<sup>+</sup>, что связано с более высоким содержанием СГ в самих атмосферных осадках – основных поставщиках ионов.

Что касается растительности лесных массивов, то тут отмечается противоположная ситуация. Здесь задерживается почти в 5 раз больше Na<sup>+</sup>, чем СГ. Это, возможно, связано с транзитным характером стока воды с этих территорий и, соответственно, благоприятными условиями для смыва ионов СГ как самых активных водных мигрантов.

В целом, в результате оценки среднесуточных значений компонентов баланса за период с 2000 по 2007 г. было выявлено, что на территории бореальных лесов идёт активное накопление  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+$ , так как приходная часть в разы превышает расходную. С атмосферными осадками в среднем за год поступает около 1342 т  $\text{Cl}^-$ , а выносится почти в 2,5 раза меньше – около 517 т. Ионов  $\text{Na}^+$  поступает в 1,43 раза меньше – 941 т, выносится около 370 т.

### Выводы

Итак, в результате рассмотрения баланса элементов в пределах бореальных экосистем на основе анализа среднесуточных показателей за период с 2000 по 2007 г. можно отметить, что:

- 1) с атмосферными осадками поступает больше ионов  $\text{Cl}^-$ , нежели  $\text{Na}^+$ , поскольку последние в большей степени склонны к обменным реакциям с компонентами ОС;
- 2) стоком с лесных территорий выносятся 80%  $\text{Cl}^-$  и 60%  $\text{Na}^+$ , а стоком с болот – 5%  $\text{Cl}^-$  и 16%  $\text{Na}^+$  от всей расходной составляющей баланса каждого иона;
- 3) в биомассе болотной растительности депонирование  $\text{Cl}^-$  превышает депонирование  $\text{Na}^+$ , для лесной растительности наблюдается обратная ситуация, что обусловлено характером водообмена на каждой из рассматриваемых территорий;
- 4) величина поступления ионов в 2,5 раза превышает величину выноса, что говорит о накоплении в пределах бореальных лесов анализируемых элементов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2000 году. URL: <http://www.agiks.ru/data/gosdoklad/gd2001/gd2001.htm>
2. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Республике Коми. URL: <http://komi.gks.ru/digit/Forms/AllItems.aspx>
3. Федорова В.А., Ногманов Р.Р. Поступление, вынос и баланс неорганического азота в пределах верхней части водосбора р. Сухона // Актуальные проблемы географии и геоэкологии. 2011. Вып. 1 (9). URL: <http://geoecko.mrsu.ru/2011-1/PDF/Fedorova.pdf>
4. Методика расчета выноса биогенных веществ и оценки перспективного состояния загрязненности малых рек (утв. Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 19.11.1999 № 331). URL: <http://www.advokatby.com/belarus/feeds1/bdewnun7u/index.htm>
5. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1967. 145 с.
6. Посохов Е.В. Формирование хлоридных вод гидросферы. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 247 с.
7. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Высш. шк., 1998. 413 с.
8. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 204 с.

Поступила в редакцию 06.08.13

### *D.N. Khayrullina*

#### **Comparative analysis of balance of ions of chlorine and sodium within taiga woods of Komi Republic**

This article is based on the balance assessment of high migratory elements in the environment within the background areas of an elementary ecogeosystem – the basin of the Elva river in the Komi republic. The comparative analysis revealed that there was a positive balance of ions in the area, more specifically, the inflow of the ions exceeded their carrying over. Moreover, it was noted that there was deposited more chloride-ions by paludous vegetation, than by wood vegetation, and that was caused by various conditions of water exchange in each of phytocenosis.

**Keywords:** atmospheric precipitation, chlorine ions, sodium ions, elementary ecogeosystem, migratory ability, wood vegetation, paludous vegetation.

Хайруллина Динара Николаевна, аспирант, ассистент  
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный  
университет»  
420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18  
E-mail: [dinara-hi@yandex.ru](mailto:dinara-hi@yandex.ru)

Khayrullina D.N., postgraduate student, assistant  
Kazan federal university  
420008, Russia, Kazan, Kremlevskaya st., 18  
E-mail: [dinara-hi@yandex.ru](mailto:dinara-hi@yandex.ru)