

УДК 556.5

## О ВЛИЯНИИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА СТРУКТУРУ СТОКА ИОНОВ ПОДВИЖНЫХ ВОДНЫХ МИГРАНТОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕК СЕВЕРА РУССКОЙ РАВНИНЫ)

Хайруллина Д.Н.

*E-mail: dinara-hi@yandex.ru*

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

В данной работе проводится оценка влияния атмосферных осадков на структурные компоненты (атмосферная, подземная, поверхностная) речного стока ионов подвижных водных мигрантов ( $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^++\text{K}^+$ ). В пространственном отношении выбраны речные бассейны с низкой антропогенной нагрузкой (менее 30 %), расположенные в пределах слабо освоенного региона России – севера Русской равнины. Корреляционный анализ показал прямое влияние на поверхностную составляющую стока  $\text{Cl}^-$  и обратное – на подземную и поверхностную составляющие стока  $\text{Na}^++\text{K}^+$ .

*Ключевые слова:* структура ионного стока рек, хлорид-ионы, сумма ионов натрия и калия, речной бассейн, среднегодовое количество атмосферных осадков, теплый период года, холодный период года

Большинство исследований в области выявления факторов формирования ионного стока рек связаны с количественной оценкой вклада регионального господствующего фактора: атмосферных осадков, подземных вод, в т.ч. интенсивности карстовых процессов и величины подземного питания, орографии, в т.ч. эрозионных процессов, болот, таяния ледников, климата, гидрологических факторов, биоты.

Исследования в области оценки комплекса факторов, оказывающих влияние на формирование ионного стока рек, связаны с использованием балансовых уравнений и моделированием.

В данной работе использовался балансовый метод, предложенный В.П. Зверевым (1971), проводится количественная оценка взаимосвязи между выпадением атмосферных осадков (среднегодовое, за теплый и холодный периоды) – прямым агентом развития эрозионных процессов – и структурой стока ионов подвижных водных мигрантов:

$$W_{\text{и.общ}} = W_{\text{и.подз}} + W_{\text{и.поверх}} + W_{\text{и.атм}} + W_{\text{и.акк}}, \quad (1)$$

где  $W_{\text{и.общ}}$  – полный ионный сток;  $W_{\text{и.атм}}$  – поступление ионов с атмосферными осадками;  $W_{\text{и.поверх}}$  – ионный сток поверхностного происхождения;  $W_{\text{и.подз}}$  – подземный ионный сток;  $W_{\text{и.акк}}$  – аккумуляция

ионов в поверхностных горизонтах бессточных районов (по Звереву В.П. (1971) для речных бассейнов Баренцева и Белого моря этот показатель равен нулю) [3].

В данной работе в качестве исходной информации использовались: гидрохимические и гидрологические материалы стационарных наблюдений (данные о концентрациях исследуемых ионах в атмосферных осадках и стоке рек, количество атмосферных осадков и расходах воды рек), накопленные ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» за период с 1958 по 2007 гг., база данных по ионному стоку рек севера Русской равнины за период с 1938 по 1995 гг., созданная кафедрой ландшафтной экологии Казанского университета, а также количественная информация о природно-антропогенных характеристиках речных бассейнов региона, полученная на «Геопортале «Речные бассейны Европейской России» (<http://bassepr.kpfu.ru/>).

Как правило, атмосферные осадки являются прямым агентом развития эрозионных процессов. Как отмечают П.П. Воронков (1970) и О.П. Ермолаев (2002), влияние атмосферных осадков на величину стока воды с речного бассейна проявляется лишь при значительном выпадении атмосферных осадков (при ливневых дождевых осадках) или при таянии снега в весенний период. Так, формирование поверхностного стока воды происходит лишь в том случае, когда количество воды, поступающее на почву, превышает количество воды, фильтрующееся вглубь. Лишь в этом случае образуется микроручейковая сеть в результате эродирующей силы поверхностного стока воды [1, 2].

Более того, атмосферные осадки производят не только механический вынос элементов вместе с почвенной массой, но и растворяют скементированные породы. Так, с увеличением количества атмосферных осадков увеличивается их эродирующая сила, а также мощность толщи дренирования и, соответственно, растворения, увеличивается скорость химического растворения и выветривания.

В целом, в пространственном аспекте в лесных массивах, покрывающих большую часть рассматриваемых речных бассейнов региона, поверхностно-склоновый сток воды происходит по микроручейковой сети, то есть сквозь толщу лесной подстилки, а также по переувлажненному слою почвы, тогда как в пределах вырубок и сельскохозяйственных полей поверхностно-склоновый сток образуется по неоттаявшей поверхности почвы [1, 2].

Так, в пределах севера Русской равнины среднегодовое количество атмосферных осадков распределено неравномерно и варьирует от 300 до 600 мм (рис. 1).

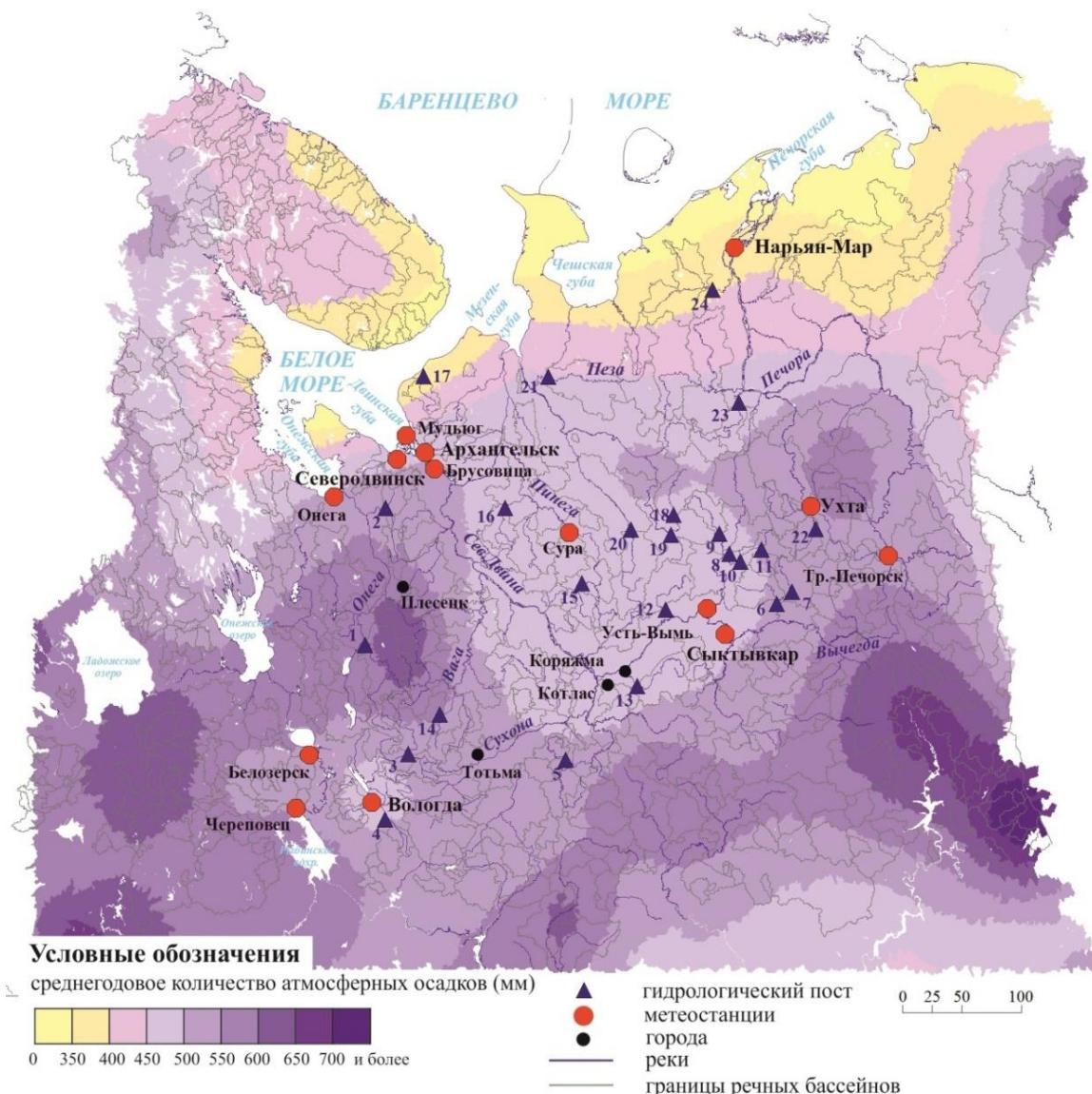


Рис. 1. Пространственная изменчивость среднегодового количества атмосферных осадков  
(карта построена по данным [4, 5])

На карте цифрами обозначены гидрологические посты: 1 – Волошка – д. Тороповская, 2 – Кодина – р.п. Кодино, 3 – Сямжа – с. Сямжена, 4 – Лёжа – ст. Бушуиха, 5 – Кичменьга – д. Захарово, 6 – Вишера – д. Лунь, 7 – Нившера – д. Троицк, 8 – Весляна – р.п. Вожаель, 9 – Елва – с. Мещура, 10 – Вымь – с. Весляна, 11 – Иосер – пос. Иосер, 12 – Яренга – с. Тохта, 13 – Вилемь – д. Инаевская, 14 – Вага – д. Глуборецкая, 15 – Пинега – д. Согры, 16 – Покшеньга – пос. Сылого, 17 – Золотица – д. Верхняя Золотица, 18 – Мезень – д. Макарий, 19 – Большая Лоптиуга – д. Буткан, 20 – Вашка – д. Вендига, 21 – Пеза – д. Сафоново, 22 – Седью – пос. Седью, 23 – Пижма – д. Боровая, 24 – Сула – д. Коткина

В результате корреляционного анализа выявлены значимые показатели взаимосвязи (уровень значимости  $p$  менее 0,05) между подземной составляющей стока  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  и среднегодовым количеством атмосферных осадков и количеством атмосферных осадков, выпадающих за теплый период года (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между составляющими стока  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  и количеством атмосферных осадков (в знаменателе – уровень значимости)

Количество атмосферных осадков, мм	Структура ионного стока					
	атмосферная компонента		подземная компонента		поверхностная компонента	
	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$
среднегодовое	<u>0,38</u> 0,1446	<u>0,33</u> 0,2112	<u>0,10</u> 0,7135	<u>-0,54</u> 0,0315	<u>0,22</u> 0,4062	<u>-0,17</u> 0,5240
за теплый период	<u>0,29</u> 0,2715	<u>0,25</u> 0,3445	<u>0,14</u> 0,5981	<u>-0,50</u> 0,0500	<u>0,52</u> 0,0371	<u>0,15</u> 0,5693
за холодный период	<u>0,27</u> 0,3192	<u>0,23</u> 0,3898	<u>-0,02</u> 0,9312	<u>-0,26</u> 0,3381	<u>-0,34</u> 0,1980	<u>-0,52</u> <b>0,0387</b>

Обратная зависимость может быть обусловлена, во-первых, большей зависимостью стока данных ионов от их концентрации ( $r = 0,96$ ), а не от атмосферных осадков и стока воды ( $r = 0,26$ ) и, во-вторых, большей промытостью почвогрунтов в более увлажненных районах региона (рис. 2).

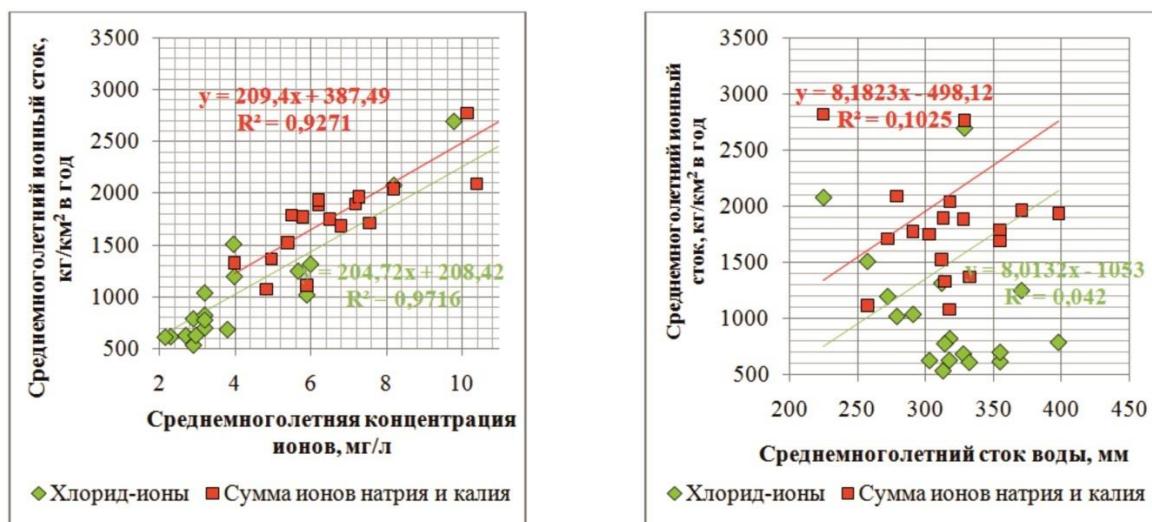
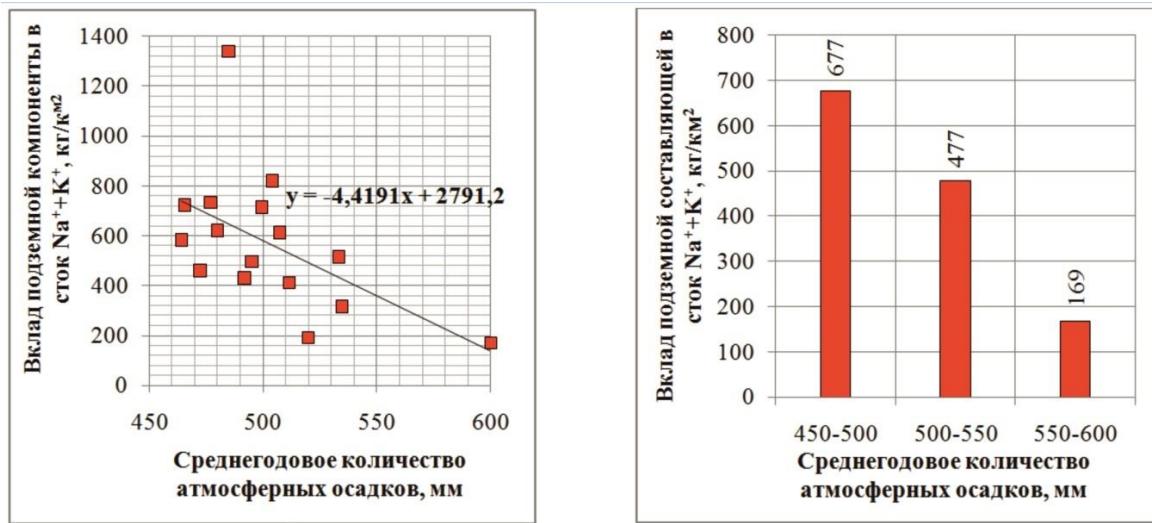


Рис. 2. Зависимость суммарного стока анализируемых ионов от их среднемноголетней концентрации и стока воды

Так, речные бассейны, где количество атмосферных осадков не превышает 500 мм в год количество данных ионов литогенного происхождения достигает  $0,68 \text{ т}/\text{км}^2$ , при количестве атмосферных осадков от 500 до 550 мм вклад снижается до  $0,48 \text{ т}/\text{км}^2$ , более 550 мм – до  $0,17 \text{ т}/\text{км}^2$  (рис. 3).

Выраженное влияние атмосферные осадки тёплого периода года оказывают на поверхностную составляющую стока  $\text{Cl}^-$ , что обусловлено наличием эрозионно-опасных ливневых осадков в этот период года (табл. 1).



*Рис. 3. Изменение среднемноголетних значений величины вклада подземной составляющей в сток  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  в зависимости от среднегодового количества атмосферных осадков*

Что касается атмосферных осадков холодного периода, то их влияние отражается преимущественно на поверхностной составляющей стока  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  (см. табл. 1). Это может быть обусловлено большей промытостью почвогрунтов талыми водами в данных речных бассейнах и, соответственно, меньшим содержанием анализируемых ионов в них.

Таким образом, в пределах выбранных речных бассейнов севера Русской равнины атмосферные осадки преимущественно оказывают влияние, во-первых, на подземную составляющую стока подвижных водных мигрантов в результате химического растворения дренируемой атмосферными осадками толщи горных пород, а также на поверхностную составляющую в результате выноса атмосферными осадками механических частиц почвы.

### Литература

1. Воронков П. П. Гидрохимия местного стока Европейской территории СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 188 с.
2. Ермолаев О.П. Эрозия в бассейновых геосистемах. – Казань: Издательство «Унипресс», 2002. – 264 с.
3. Зверев В. П. О составляющих ионного стока с территории СССР // Гидрохимические материалы, 1971. – Т. 56. – С.11-18.
4. Ermolaev O. P., Mal'tsev K. A., Ivanov M. A. Automated Construction of the Boundaries of Basin Geosystems for the Volga Federal District // Geography and Natural Resources. – 2014. – Vol. 35. – No. 3. – P. 222-228.
5. Ermolaev O. P., Mal'tsev K. A., Mukharamova S. S., Kharchenko S. V., Vedeneeva E.A. Cartographic Model of River Basins of European Russia // Geography and Natural Resources. – 2017. – Vol. 38. – No. 2. – P. 131-138.