

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ  
(1963 – 2007 ГГ.) ВКЛАДА ХЛОРИД-ИОНОВ АТМОСФЕРНЫХ  
ОСАДКОВ В ИХ РЕЧНОЙ СТОК НА ПОБЕРЕЖЬЕ  
БЕЛОГО МОРЯ**

**Казанский (Приволжский) федеральный университет**

Как известно, поступление ионов на территорию речного бассейна имеет многофакторный характер. Так, ионный состав речных вод формируется за счет растворения солей почвенно-грунтовой неводонасыщенной толщи, горных пород, выпадения атмосферных осадков (природные источники), а также вследствие выбросов и сбросов промышленных предприятий, внесения минеральных удобрений и вследствие функционирования населенных пунктов и животноводческих ферм (антропогенные источники) [1]. На территорию исследуемых речных бассейнов Белого моря (рр. Сояна, Золотица и Мудьюга) поступление хлорид-ионов преимущественно связано с природными источниками за исключением выбросов промышленных предприятий, которые фиксируют атмосферные осадки [3, 6].

В данной работе проводится пространственно-временная оценка вклада хлорид-ионов атмосферного происхождения в их речной сток в пределах бассейна Белого моря (Сояна, Золотица и Мудьюга),

В основе работы лежат материалы Северного Управления Росгидромета: данные наблюдений на метеостанциях (МС), расположенных в г. Архангельск (1992-2007 гг.) и на о. Мудьюг (1958-2007 гг.), а также по гидролого-гидрохимическим постам (ГГХП), расположенным в северной части бассейна Белого моря (р. Сояна – д. Сояна, р. Мудьюга – д. Патракеевская, р. Золотица – д. Верхняя Золотица).

Так, вклад ионов атмосферных осадков в их речной сток оценивался по формуле:

$$\alpha = \frac{M}{W_{\text{ион}}} \cdot 100\%,$$

где  $M$  – модуль поступления хлорид-ионов с атмосферными осадками, кг/км<sup>2</sup>.

$W_{\text{ион}}$  – вынос хлорид-ионов с речным стоком, кг/км<sup>2</sup>.

Поступление хлорид-ионов с атмосферными осадками, в свою очередь, рассчитывалось как произведение количества осадков на концентрацию ионов:

$$M = \frac{S_i \cdot C_i}{10^3},$$

где  $S_i$  – количество атмосферных осадков, мм,

$C_i$  – концентрация хлорид-ионов в атмосферных осадках, мг/л.

Вывос ионов с речным стоком рассчитывался по следующей зависимости:

$$W_{\text{ион}} = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot C_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \cdot W \cdot 10^3,$$

где  $C_i$  и  $Q_i$  - концентрация ионов (мг/л или г/м<sup>3</sup>) и расход воды в день взятия анализа (м<sup>3</sup>/сек);

$W_{\text{водн.}}$  - объем жидкого стока за сезон (км<sup>3</sup>);

$n$  - число проб за гидрологический сезон [2].

Согласно расчетам, наибольший вклад хлорид-ионов атмосферного происхождения в их речной сток наблюдается на р. Мудьюга (рис. 1).

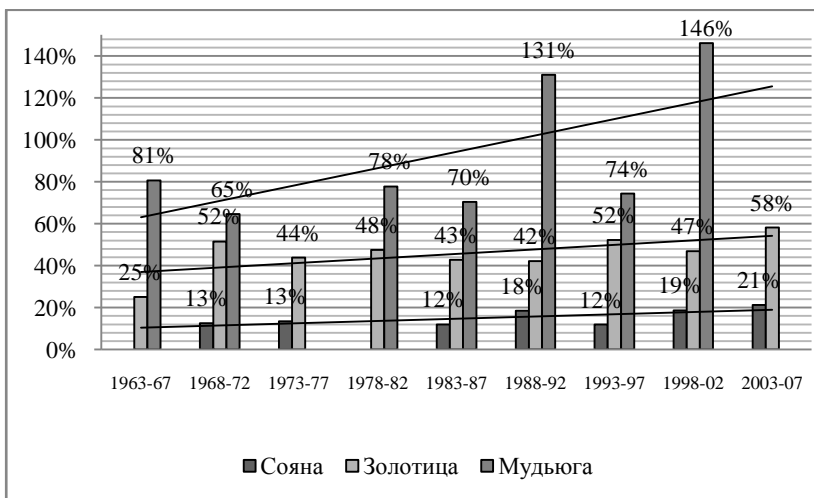


Рис. 1. Изменчивость вклада хлорид-ионов атмосферных осадков в речной сток (%) по пятилетиям в бассейне Белого моря (1963-2007 гг.)

Это обусловлено множеством факторов, свойственных водосбору р. Мудьюга, относящегося к Мудьюга-Золотицкому гидрологическому району [7]:

1) площадь бассейна данной реки наименьшая из исследуемых рек и составляет 305 км<sup>2</sup>, что обуславливает меньшее содержание ионов в речном стоке,

2) повышенный поверхностный сток с территории бассейна, связанный как с большим количеством атмосферных осадков, так и сложением бассейна водоупорными моренными суглинками,

3) невысокая доля подземного водного стока (порядка 9,5% от годового стока) [7],

4) частичное питание рек в меженный период пресными болотными водами.

В бассейне р. Мудьюга максимальный вклад был зафиксирован в 1998-2002 гг. и составил 146%, когда поступления ионов превышало их вынос. Это, прежде всего, может быть связано с различным местоположением метеостанции и ГГХП. Так, МС Мудьюг располагается на небольшом острове, где распределение содержания хлорид-ионов в составе солей аэрозолей носит практически однородный характер, тогда как верхние части водосбора реки располагаются на значительном расстоянии от основного поставщика хлорид-ионов – морской акватории. Так, известно, что наиболее сильное убывание концентрации хлорид-ионов отмечается до 700 м [4, 5], в то время как верхние участки бассейна исследуемой реки располагаются более чем в 50 км от моря [4].

Что касается минимального вклада ХСО в вынос ионов с территории водосбора р. Мудьюга, то он наблюдался в 1968-1972 гг. и составил 65% (рис. 1). Известно, что данная река получает питание преимущественно с поверхностным стоком [7]. Так, в этот период наблюдался повышенный сток ионов во время весеннего снеготаяния (59,6% годового стока при среднемноголетней величине 41%) (рис. 2). Более того, для данного бассейна при высоком половодье может отмечаться перелив карстовых вод из соседних бассейнов [7].

В целом, на территории наблюдается восходящий тренд вклада ХСО в ионный сток рек (рис. 1).

Что касается р. Союна, расположенной в Союна-Кепинском гидрологическом районе [7], то здесь отмечается несколько иная ситуация. Во-первых, площадь бассейна здесь гораздо выше и составляет 5570 км<sup>2</sup>, что обуславливает вынос большего количества растворенного материала и, тем самым, меньшее влияние вклада

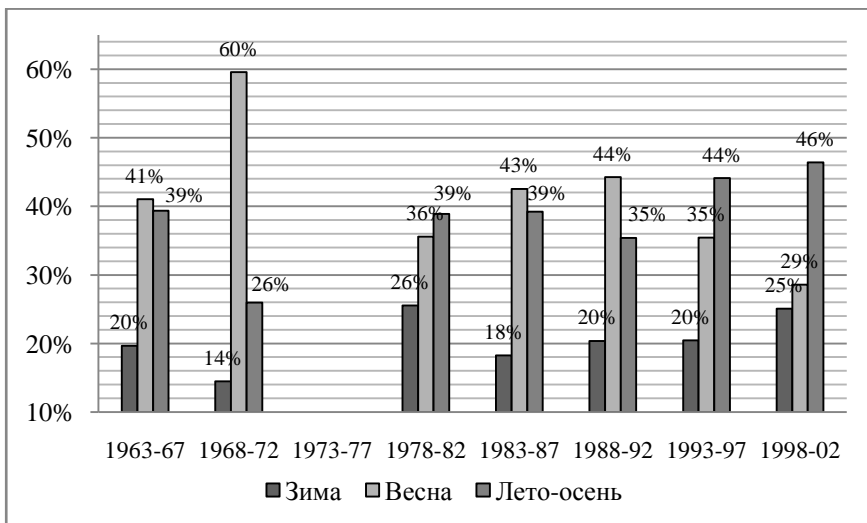


Рис. 2. Долевое участие сезонного стока хлорид-ионов (%) с территории водосбора р. Мудьюга по пятилетиям (1963 – 2002 гг.)

атмосферных осадков в ионный сток. Кроме того, склоны долины реки сложены легко растворимыми породами – известняками, гипсом, мергелями и др. [7], что предопределяет больший подземный сток с высоким содержанием ионов. Так, доля стока ионов в летне-осеннюю и зимнюю межень составляет 40% (24,3-53,6%) и 34,3% (27-40,9%) соответственно (рис. 3).

Третий фактор, обуславливающий повышенный ионный сток, в том числе сток хлорид-ионов в р. Союна – это медленное таяние снеговых осадков в весенний период, ведущее к пополнению запасов грунтовых вод и, как следствие, большему растворению горных пород. Так, в период весеннего половодья сток хлорид-ионов в среднем за 1963-2007 гг. составляет 25,7% (от 15 до 34,9%) (рис. 3).

В целом, в связи с вышеназванными факторами вклад атмосферных осадков в сток исследуемых ионов с территории бассейна р. Союна варьирует в небольших пределах и составляет 14-21% (рис. 1).

Что касается р. Золотица, то её бассейн по исследуемым параметрам, влияющим на вклад ХСО в ионный сток, занимает

промежуточное положение между бассейнами рр. Мудьюга и Сояна. Так, площадь бассейна р. Золотица, расположенной также в Мудьюга-Золотицком гидрологическом районе, составляет 1840 км<sup>2</sup>. Вклад ХСО в ионный сток здесь варьирует от 25,2 до 58,1% (рис. 1).

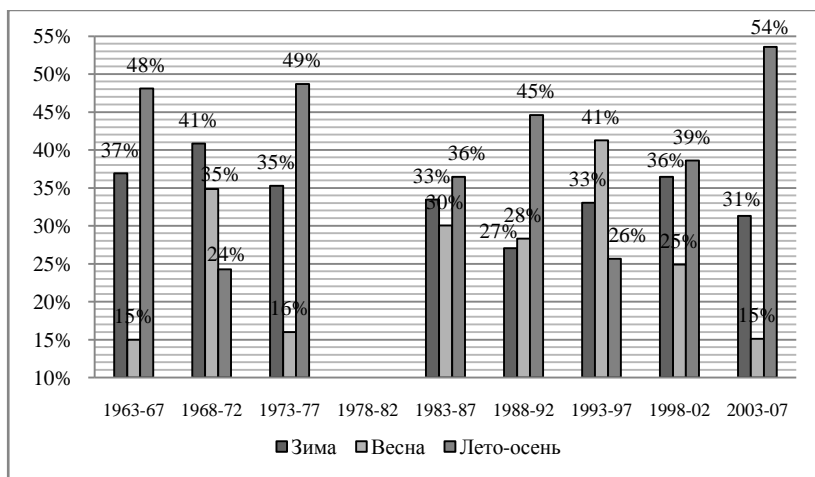


Рис. 3. Долевое участие сезонного стока хлорид-ионов (%) с территории водосбора р. Сояна по пятилетиям (1963 – 2007 гг.)

Таким образом, можно сделать следующее заключение:

- 1) высокое долевое участие ХСО в стоке хлорид-ионов (до 146%) и, как следствие, большая вариация значений, наблюдается у малых рек, расположенных в прибрежной зоне (р. Мудьюга), так как крупные аэрозоли, содержащие хлориды, преимущественно выпадают в пределах 700 м от источника - морского побережья [4, 5],
- 2) с увеличением площади бассейнов исследуемых рек уменьшается долевое участие ХСО в ионном стоке (р. Сояна),
- 3) для речных бассейнов, сложенных легко растворимыми породами и получающих питание преимущественно в меженный период, фиксируется наименьшее долевое участие ХСО в ионном стоке (р. Сояна).

### Библиографический список

1. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 444 с.
2. Белоногов В.А., Торсуев Н.П. Изменчивость ионного стока рек как отражение загрязнения окружающей среды // Изв. РГО, 1997, т. 129, вып. 6. – С. 58 – 68.
3. Котова Е.И. Оценка влияния местных источников загрязнения и дальнего переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора Арктики. Автореферат канд. диссерт. – Ростов-на-Дону, 2013. – 23 с.
4. Петренчук О.П. Экспериментальное исследование атмосферного аэрозоля. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 263 с.
5. Посохов Е.В. Формирование хлоридных вод гидросферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 245 с.
6. Трубицина О.П. Состояние загрязнения атмосферного воздуха и осадков на севере Русской равнины по данным мониторинга. Автореферат канд. диссерт. - Архангельск, 2007. – 25 с.
7. Филенко Р.А. Гидрологическое районирование Севера европейской части СССР. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 223 с.