

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТОКА РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АРКТИЧЕСКИЕ МОРЯ РОССИИ

М.Б. Заславская, Л.Е.Ефимова

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия, m.zasl@mail.ru, ef_river@mail.ru

Сток растворенных веществ является основным связующим звеном в обмене веществом между сушей и океаном, определяет обилие или дефицит «пищи», необходимой для гидробионтов. Преобладающую часть (80 %) суммарного стока РВ в океан фиксирует ионный сток. Изучение сезонной и межгодовой изменчивости ионного стока, стока отдельных главных ионов, и их среднего содержания в воде дает интегральное представление о роли хозяйственной деятельности в изменении потребительских свойств водных ресурсов территории, крупных и средних рек. Это единственный объективный путь для определения сезонной интенсивности диффузных источников химических веществ. При решении задачи диагностики опасных изменений химического состава природных вод необходимо использовать наиболее длинные ряды гидролого-гидрохимических наблюдений для определения момента нарушения природного гидрохимического фона. Для этих целей наиболее репрезентативны компоненты солевого состава воды – сульфаты и хлориды, индикаторы загрязнения большинства источников загрязнения, по содержанию которых имеются наиболее длинные ряды данных. Установление временной границы и разницы между современным и фоновым содержанием этих параметров качества воды и характеристик стока РВ в отдельные фазы водного стока, позволяет судить о степени антропогенного нарушения природного гидрохимического фона. Это весьма актуально для арктического района с повышенной уязвимостью наземных и водных экосистем при интенсивном хозяйственном освоении территории [2, 3].

Авторами выполнены расчеты суммарного ионного стока, а также стока сульфатов и хлоридов, отражающие влияние хозяйственной деятельности на сток и качество вод крупных и средних арктических рек России за многолетний период. В качестве исходных материалов в работе использованы многолетние данные Росгидромета по замыкающим створам избранных рек, находящиеся в составе информационной базы ГВК с момента начала систематических измерений до 2000 года. Результаты расчетов позволили выявить характер сезонной изменчивости стока растворенных веществ рек с разным типом гидролого-гидрохимического режима и периодов с разной степенью антропогенного воздействия. Для расчета стока РВ наиболее оптимальным является использование одного из шести методов, предложенных в программном комплексе FLUX [4]. Применимость метода зависит от соотношения между концентрацией c и расходами воды Q . В логарифмической шкале оно определено тангенсом угла наклона линии регрессии к оси абсцисс (рис. 1).

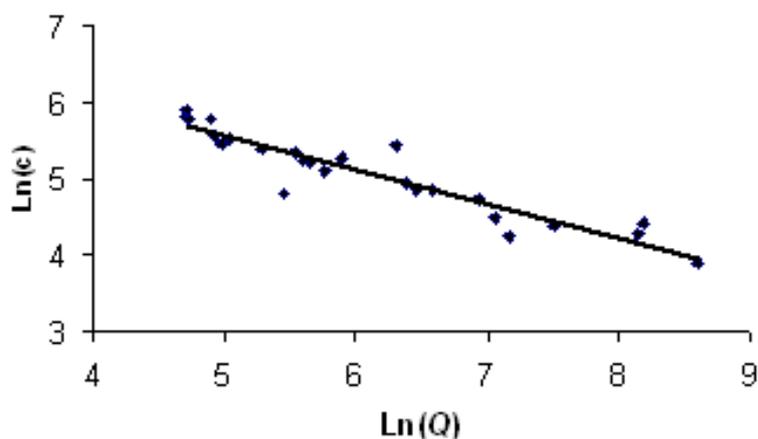


Рисунок 1– Соотношение минерализации (c) и расхода воды (Q) для р.Онега (с. Порог) в 1997-1999г.

Например, для р. Онега (с. Порог) $\ln c = -0,45 \ln Q + 7,8$, т.е. этот коэффициент равен $-0,45$. Для получения устойчивой связи $c=f(Q)$ выполняется компоновка всех данных гидрохимических наблюдений с учетом водности года и тесноты связи между концентрацией и расходом воды. Надежность оценки стока РВ в значительной степени зависит от наличия данных за все основные фазы водного режима. Выраженность сезонной неоднородности ионного стока определяется типом взаимосвязи между гидрологическим и гидрохимическим режимом рек и контрастностью содержания характеристик химического состава воды в разные фазы водного режима реки. Пространственная дифференциация стока РВ предопределяется природными факторами, что наглядно подтверждается устойчивыми различиями минерализации воды рек Онеги и Северной Двины по сравнению с Мезенью и Печорой (рис.2).

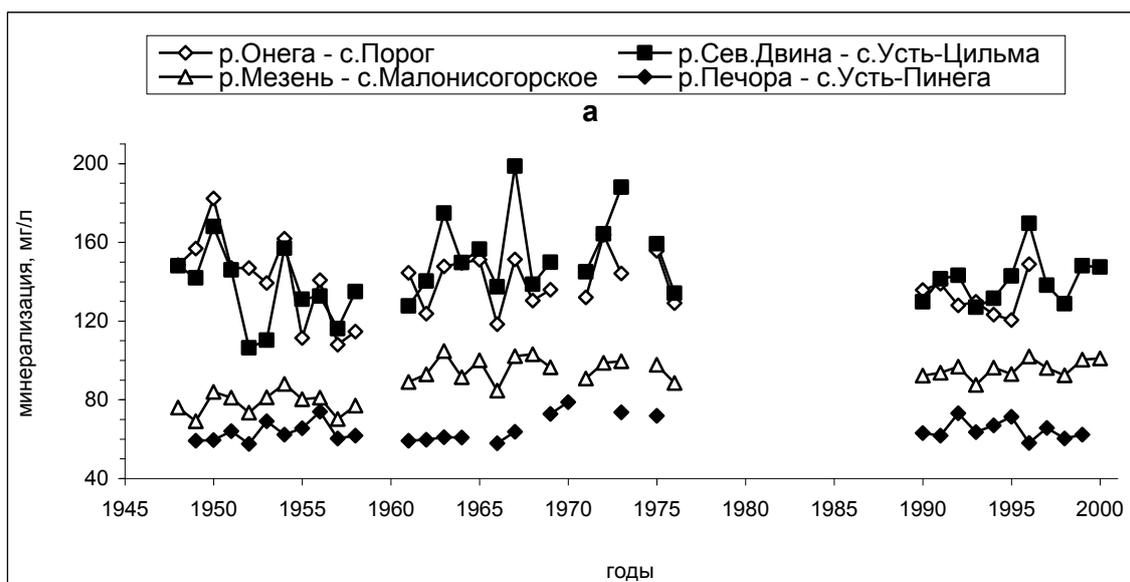


Рисунок 2– Многолетние колебания средней минерализации в замыкающих створах крупных рек ЕТР

Незначительная мощность ледниковых отложений и распространение легко выщелачиваемых пород на водосборе первых двух рек, обуславливают увеличение минерализации и концентрации сульфатов в их воде по сравнению с реками Мезень и Печора. При увеличении антропогенной нагрузки на водосборах этих рек в период с 1961 по 1976 гг. минерализация воды, содержание хлоридов и, особенно, сульфатов заметно возрастают по сравнению с условно-фоновым периодом (1949–1958 гг.), в первую очередь для рек с их низкой фоновой концентрацией (реки Печора и Мезень). При снижении интенсивности загрязнения окружающей среды в условиях спада производства и повышении эффективности природоохранной деятельности (1990–1999 гг.) их концентрации уменьшаются. Подобные изменения, обусловленные такими факторами как рост антропогенной нагрузки и увеличение водности, касаются не только изменения минерализации и содержания ионов, но и стока растворенных веществ и его составляющих и находят отражение в его распределении внутри сезонов. Внутригодовая структура стока хлоридов и, особенно, сульфатов менее равномерна по сравнению с ионным стоком. Например, максимум стока сульфатов для р. Мезень приходится на весну. В период с повышенной антропогенной нагрузкой (1961–1976 гг.) сток сульфатов вырос почти в три раза по сравнению с условно-фоновым периодом (рис. 3). Это привело к заметным изменениям его внутригодовой структуры (доля весеннего стока увеличилась на 12,1 %, доля зимнего – уменьшилась на 14,6 %). Ионный сток р. Мезень в периоды с разной антропогенной нагрузкой более равномерно распределен по сезонам года с небольшим преобладанием доли летне-осеннего стока.

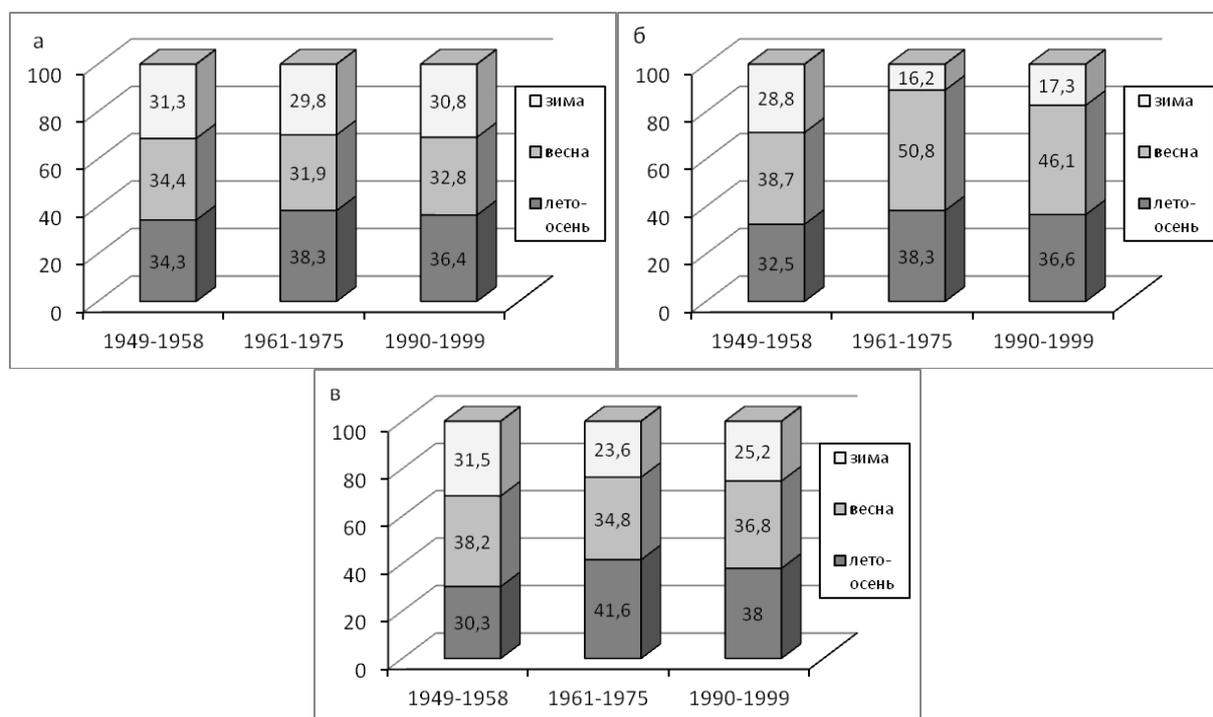


Рисунок 3 – Внутригодовое распределение (%) ионного стока (а), стока сульфатов (б) и хлоридов (в) в замыкающем створе р. Мезень для периодов с разной интенсивностью хозяйственной деятельности

Аналогичная закономерность характерна и для периода 1990–1999 гг. (рис. 3). Скорее всего, она связана с увеличивающимся выносом сульфатов, накопившихся на водосборе в результате хозяйственной деятельности, или поступающих в реки в составе сточных вод. Описанная выше картина внутригодового распределения стока растворенных веществ характерна для всех крупных рек европейской части территории России, хотя и выражена менее четко.

По внутригодовому распределению ионного стока, стока сульфатов и хлоридов реки европейской и азиатской части арктического побережья имеют существенные различия (рис.4). Реки европейской части за весь многолетний период (1949–1999 гг.) характеризуются более равномерным распределением ионного стока и его составляющих по гидрологическим сезонам с преобладанием весной (33–42 % в ионном стоке, 34–45 % – в стоке сульфатов и хлоридов). Наименьший сток растворенных веществ на всех крупных реках европейской части побережья проходит в зимний период.

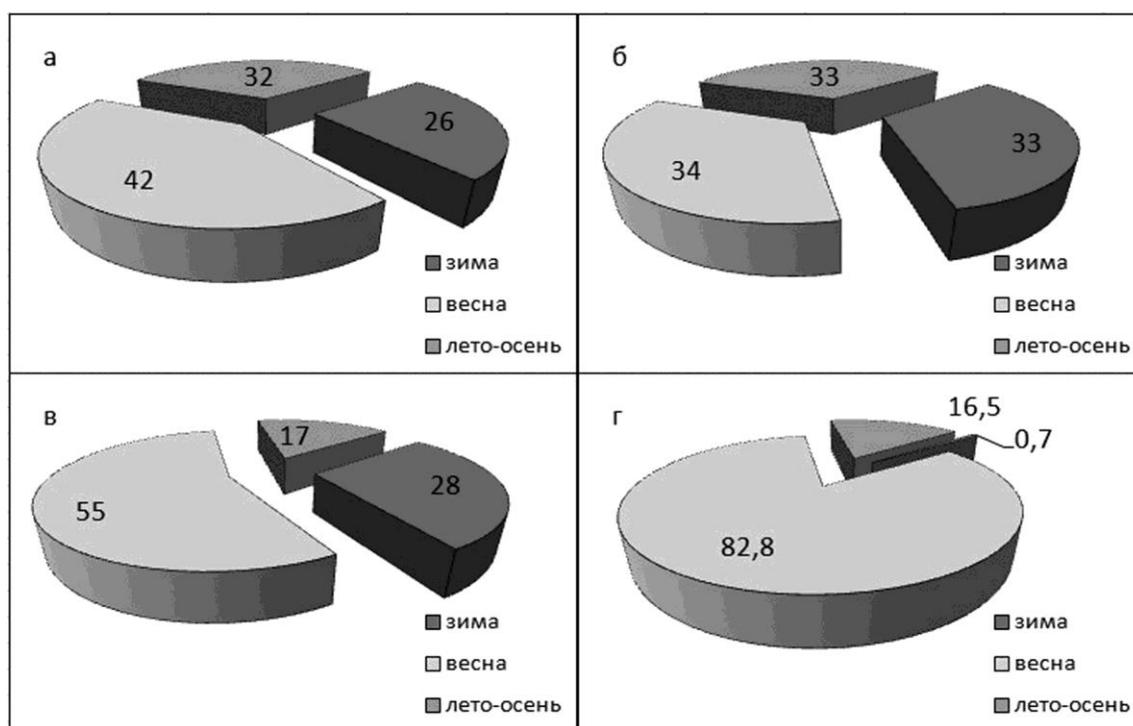


Рисунок 4– Внутригодовое распределение (%) ионного стока в замыкающих створах рек Онега (а), Печора (б), Обь (в) и Яна (г)

В азиатской части страны водный сток в весенний период увеличивается в восточном направлении, возрастая от 66 % в замыкающем створе р. Обь до 82 % годового в замыкающих створах рек Яна и Индигирка. В период весеннего половодья резко выражено преобладание доли ионного стока и его составляющих, которое увеличивается по направлению с запада на восток и с уменьшением площади водосбора рек (рис. 4). Например, доля весеннего стока в замыкающем створе Оби равна 49,2 % годового, в устье Пура, площадь водосбора которого меньше в 25 раз, она составляет 57,3 % годового. Среди рек

азиатской части арктического побережья наиболее равномерную внутригодовую структуру стока ионов имеет Енисей, что, очевидно, определяется значительным зарегулированием реки. Наименее равномерное внутригодовое распределение ионного стока и его составляющих, сходное с распределением водного стока, характерно для рек Яна и Индигирка. За весеннее половодье в моря поступает более 80 % годового ионного стока, за период зимней межени – менее 1,5 %, что связано с климатическими особенностями (продолжительность времени года с низкими температурами и умеренное количество осадков) и широким распространением многолетней мерзлоты. Для всех рек арктического побережья (за исключением Яны, Индигирки и Колымы) характерна несколько большая по сравнению с ионным стоком доля весеннего стока сульфатов. Это связано с увеличением их концентрации в воде в период половодья.

Изучение процессов формирования и изменения качества речных вод невозможно без учета гидрологического фактора, на фоне которого реализуются различные механизмы изменения химического состава воды. При использовании информации о величине и изменчивости составляющих речного стока появляется возможность для изучения процессов трансформации качества воды в конкретных природно-хозяйственных условиях [1].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-17-00155).

Список литературы

1. Алексеевский Н.И., Заславская М.Б. Качество воды: формирование и параметризация // Материалы XIII международного научно-практического симпозиума и выставки Чистая вода России 17–19 марта 2015 г., Екатеринбург. Екатеринбург, 2015. С. 4–14.
2. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования /Под ред. Н.И.Алексеевского. М.: ГЕОС, 2007. 585 с.
3. Никаноров А.М., Иванов В.В., Брызгалов В.А. Реки российской Арктики в современных условиях антропогенного воздействия. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2007. 280 с.
4. Walker W. W. Simplified procedures for eutrophication and prediction: user manual, WOTS, 1996. 36 p.