ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЗИМНЕГО СТОКА РЕК ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ[1]

Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Сафронова Т.И., Телегина Е.А.
Институт водных проблем РАН, г. Москва
dzhamal@aqua.laser.ru

Введение. Характерные черты изменения климата для Европейской части России (ЕЧР) – это повышение температуры воздуха в приповерхностном слое, особенно значительное в январе – марте, при незначительных изменениях температуры теплого периода и некотором увеличении количества осадков. Общий рост приземной температуры воздуха обусловлен, прежде всего, ее многолетним повышением в области отрицательных значений. С другой стороны, для снежного периода характерно многолетнее увеличение периода с положительными температурами воздуха на фоне роста жидких осадков, что снижает величину снегозапасов и повышает величину зимнего стока.

Рост осадков в холодное полугодие за 1976–2013 гг. статистически достоверен. Однако в течение последних десятилетий число дней с устойчивым снежным покровом значительно меньше, чем в среднем за предшествующие десятилетия (1936–1976). Вместе с тем наблюдаемые в течение последних десятилетий зимние оттепели приводят к сокращению продолжительности залегания снежного покрова в северной и южной частях ЕЧР [1].

На водосборах рек юга ЕЧР, таких как Дон, снегозапасы характеризуются весьма большой изменчивостью. Это обусловлено наличием жидких осадков, сильным влиянием оттепелей, имеющих большую повторяемость, особенно в лесостепной и степной зонах. Здесь тенденция к увеличению зимних осадков подтверждается наличием значимых возрастающих трендов по критерию Спирмена (для 35 метеостанций из 57). Для всего бассейна Дона наблюдается увеличение количества жидких и твердых осадков холодного периода с коэффициентом линейного тренда для зимних осадков в среднем 15–20 мм/10 лет [2].

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №14-05-00341).

Анализ особенностей изменения зимнего стока рек ЕЧР. Пространственная и временная изменчивость параметров зимнего стока рек ЕЧР рассмотрена на примере бассейнов основных ее рек: Печора, Мезень, Онега, Северная Двина, Волга, Дон. Большое разнообразие условий формирования минимального зимнего стока этих бассейнов обусловливает различие в сроках и продолжительности зимней межени.

Наблюдаемое увеличение зимнего стока на территории России после 1975-1978 гг. [3] связано с направленной изменчивостью формирующих его факторов, прежде всего, со «смягчением» температурного режима зим, увеличением количества оттепелей, происходящим в последние десятилетия.

Анализ изменения величины стока за зимний период выполнен за период с 1978 по 2010-2012 гг. по отношению к периоду 1946–1977 гг. Увеличение расходов воды за зимнюю межень приводит к уменьшению объема и значений максимальных расходов весеннего половодья, что вызвано частичным оттаиванием зоны аэрации во время оттепелей. В результате водность рек и уровень подземных вод в холодный сезон увеличиваются, т.е. для большей части ЕЧР с ноября по март [4]. Однако на некоторых реках южной ее части половодье может начаться и в феврале. Для северных рек ЕЧР зимняя межень может затянуться и до апреля-мая. Кроме того, для бассейнов рек Дона и Волги иногда отмечаются высокие значения стока в ноябре и декабре, которые связаны не с влиянием зимних оттепелей, а с запоздалыми или продолжающимися осенними паводками.

Для исследуемых 140 гидрологических постов за каждый год рассматриваемого периода с 1946 по 2012 гг. выделялись границы периода зимней межени и получена их продолжительность, за которую по данным среднемесячных расходов рассчитывался средний за зимнюю межень расход воды и объем стока. Изменение величины зимнего стока для гидрологических постов рассчитывалось по среднемесячным значениям расходов воды в процентах за период с 1978 по 2012 гг. по сравнению с периодом 1946–1977 гг. По полученным данным проводилась оценка пространственно-временной изменчивости величины зимнего стока и его основных характеристик.

Расчеты показали, что более чем на 95 % постов наблюдается повышение величины зимнего стока, т.е. положительный тренд в его изменении. Для 82 % постов рек бассейна Волги (Верхняя Вол-

га, Нижняя Волга, бассейны Камы, Оки) и Дона и для 43 % рек Севера ЕЧР (Онега, Мезень, Печора, Северная Двина) этот тренд оказался значимым по критерию Спирмена. Изменения в водном режиме рек выражены тем ярче, чем южнее находится их водосбор. Для рек бассейна Дона увеличение водности за зимний период с 1975 по 2010 г. составило от 20 до более чем 100 %. Для рек бассейна Камы в среднем изменение составляет 40 %, Верхней Волги – 50, Нижней Волги – 70 %. Для северных рек оно не превышает 30%. Об этой тенденции можно судить из предложенной на рис. 1 картосхемы, где кругами различного масштаба и цвета отображены изменения величины зимнего стока.

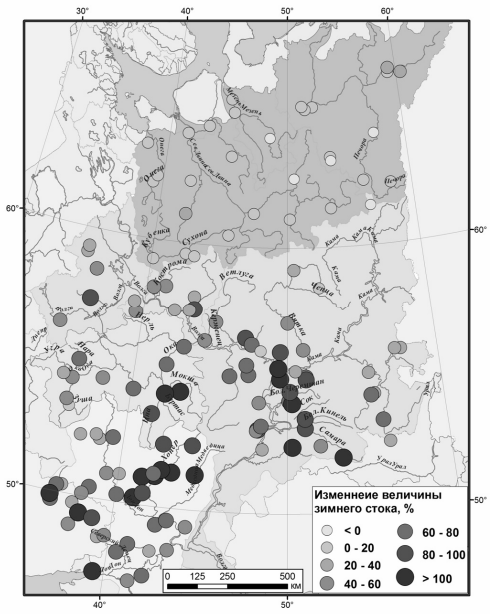


Рис. 1 – Изменение величины зимнего стока рек севера ЕЧР, бассейна Волги и Дона за период с 1978–2012 гг. по сравнению с 1946–1977 гг., (%)

На примере бассейна Волги проведена оценка слоя стока и коэффициента вариации за зимний сезон и доли зимнего стока в процентах от годового и ее изменения для 1946–1977 гг. и 1978–2010 гг. (рис. 2). Бассейн Волги занимает около трети территории ЕЧР и для удобства его можно разделить на три зоны: бассейн Нижней Волги (для анализа использовались 37 постов), Камы (68 постов), Верхней Волги (102 поста). На всех реках рассматри-

ваемого региона зимний меженный период по сравнению с летним меженным стоком является лимитирующим при обосновании схем использования водных ресурсов, так как зимний сток меньше летне-осеннего.

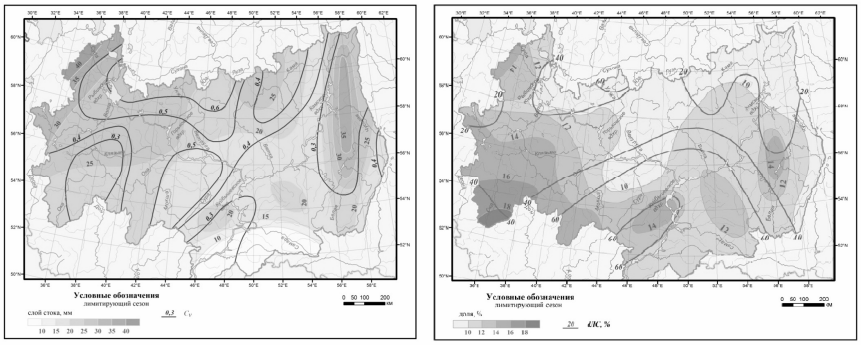


Рис. 2 – Слева: слой стока (мм) и коэффициент вариации за зимний сезон (ноябрь–март) для рек бассейна Волги за 1978–2010 гг.;
Справа: доля стока за зимний сезон (в % от годового) за 1978–2010 гг. и ее изменение в 1978–2009 гг. по сравнению с 1946–1977 гг., (%)

Для бассейна Камы доля зимнего стока в годовом стоке колеблется от 5–10% на севере территории до 10–15% на остальной ее части. На малых водотоках зимой сток может отсутствовать. Величина слоя стока за зимний лимитирующий сезон (ЛС) колеблется от 15 до 25 мм в равнинной части бассейна и в верховьях Белой, Чусовой, достигая максимальных значений (40–50 мм) в районе расположения карста (бассейн Уфы, Быстрого Таныпа, Сылвы и других рек). Увеличение доли зимнего стока за последние тридцать лет для лимитирующего периода на севере бассейна не превышает 0–10%, а в юго-восточной его части достигает 40–60%.

Величина слоя зимнего стока для бассейна Нижней Волги изменяется от 5 мм на крайнем юге до 10–15 мм на севере. Однако в бассейнах рек Шешмы, Кичуя, Сока сток достигает 35–40 мм; доля зимнего стока в годовом колеблется от 5% на юге территории до 10–15% на северо-западе и северо-востоке. За последние тридцать лет увеличение доли зимнего стока для ЛС достигает 40–60% и более; коэффициент вариации стока за ЛС – в среднем 0,3–0,4.

Зимний сток рек Верхней Волги колеблется от 10–15 мм на юго-востоке (бассейн Суры) до 35–40 мм на северо-западе. Для Верхней Оки доля зимнего стока в годовом — 16-18%, а в верховь-

ях р. Ветлуги всего — 5–10%. Увеличение доли зимнего стока за последние тридцать лет в этом бассейне достигает 40–60% и более, особенно в юго-восточной части. Коэффициент вариации стока за ЛС составляет в среднем 0,3–0,4 на юго-западе и 0,5–0,6 на севере территории. Таким образом, распределение зимнего стока по территории в целом подчиняется географической зональности, однако влияние местных азональных факторов (озерности, карста, песчаных почв и т. д.) нередко нарушает эту закономерность.

Для водохозяйственных целей помимо оценок средних величин стока за зиму важна оценка основной гидрологической характеристики, лимитирующей возможность забора воды из реки – минимального среднемесячного расхода. Для подавляющего числа рассмотренных гидрологических постов за период с 1975 г. наблюдается положительный тренд не только для величины среднего зимнего стока, но и для его среднемесячных максимальных и минимальных значений. Последние в свою очередь характеризуют изменение глубины зимней межени и интенсивность истощения зимнего стока. Амплитуда колебаний зимних расходов определяется изменчивостью их максимальных и минимальных значений в течение холодного сезона. Под продолжительностью истощения зимнего стока понимается период между датами наступления максимального расхода воды и последующего за ним минимального расхода или полного прекращения стока. Интенсивность истощения зимнего стока отражает среднее за сезон суточное уменьшение расхода воды в реке и определяется отношением амплитуды зимней межени к продолжительности периода истощения.

Следует отметить, что выполненный анализ коэффициентов вариации глубины зимней межени показал, что их распределение по территории ЕЧР подчиняется природной зональности. При этом наибольшей изменчивостью глубина зимней межени характеризуется в районах недостаточного увлажнения, к которым в основном относится бассейн Дона и нижней Волги, а наименьшей – север ЕЧР. Изменчивость амплитуды колебаний зимних расходов определяется главным образом изменчивостью их максимальных значений, наблюдаемых в самом начале сезона [5].

Положительный тренд характерен не только для зимней межени, но и для среднемесячного минимального стока. Прежде всего, это связано с наблюдаемым потеплением, сказывающемся на динамике снеготаяния и активности эпизодического протаивания зоны

аэрации, что способствует более интенсивному питанию подземных и почвенных вод талыми водами и в результате приводит к повышению минимальных расходов рек за зимний период (рис. 3). Наиболее существенные изменения минимального и максимального месячного расхода за зимнюю межень происходят в центральных и южных областях европейской России.

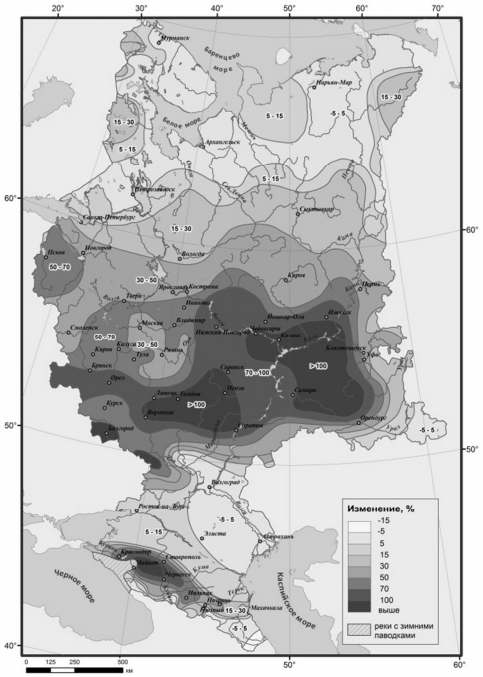


Рис. 3 – Распределение изменения минимального месячного модуля стока зимней межени рек ЕЧР в период 1978–2012 по сравнению с периодом 1945–1977 гг.

Многолетние колебания минимального месячного расхода воды зимней межени достоверно отражают временную динамику минимальной водности рек. Это доказано сопоставлением многолетних колебаний минимальных месячных расходов воды с многолетними колебаниями минимальных 30-суточных, 10-суточных расходов воды (рис. 4). Они практически повторяют друг друга на всех исследованных реках ЕЧР. Таким образом, интенсивный рост минимальных месячных расходов воды, наблюдающийся со второй половины 70-х годов, обусловлен увеличением именно базисного, подземного питания.

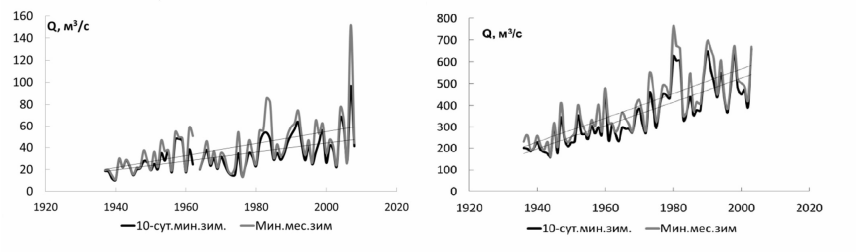


Рис. 4 – Сопоставление многолетних колебаний характеристик минимального месячного и минимального 10-суточного расхода воды рек: слева – Молога–Устюжна; справа – Ока–Муром

Заключение. Значимое увеличение стока рек ЕЧР за зимний период, характерное для последних десятилетий, прежде всего, вызвано смещением дат установления зимней межени и участившимися оттепелями в это время. Увеличивающееся количество оттепелей обусловлено повышением средней температуры воздуха, ростом суммы отрицательных и положительных температур за холодный период, что определяет условия перехода температуры через 0°С, и выпадением жидких осадков. Помимо этого, на увеличение зимнего стока могло повлиять уменьшение водопотребления, отмечаемое с 1990-х. Однако эти проработки требуют более внимательного анализа исходной базы данных, что будет сделано в дальнейшем.

Распределение зимнего стока по территории ЕЧР в целом подчиняется географической зональности, что обусловлено ландшафтно-климатическими факторами в сочетании с особенностями геолого-геоморфологического строения водосборов и их гидрогеологическими условиями. Установленные вариации зимнего стока свидетельствуют об изменениях естественных ресурсов подземных вод. Именно зимний сток и его минимальные значения могут служить нижним пределом использования водных ресурсов на территории данного водосбора, что следует учитывать при планировании размещения водоемких производств.

Литература

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год. М.: Росгидромет, 2013. 86 с

2. *Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Киреева М.Б.* Современные водные ресурсы и режим стока рек бассейна Дона. //Водные ресурсы, 2012, том 40, № 6, С. 573-584.

3. *Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Киреева М.Б., Телегина А.А.* Изменения поверхностного и подземного стока рек России и их режимов в условиях нестационарного климата. //Вестник РФФИ, том 6, № 78, с. 34-42. 2013 г.

4. *Георгиевский В.Ю.* Изменение стока рек России и водного баланса Каспийского моря под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления. Автореф. дисс. на соискание ученой степени доктора географических наук, 2005. СПб, ГГИ, 39 с.

5. Водные ресурсы России и их использование – под ред. И.А. Шикломанова, 2008, ГГИ, Санкт Петербург, – 598 с.