

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Е. О. Кузьмина

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Россия

Поступила в редакцию 7 декабря 2012 г.

Аннотация: На основе обработки гидрометеорологических данных за 40-летний период выполнен анализ особенностей термического режима рек на юге ЕТР. Изменения термического режима рек сопоставлены с изменением природных факторов.

Ключевые слова: термический режим, климатические изменения, юг европейской территории России (ЕТР).

Abstract: Analysis of the characteristics of the thermal regime of the rivers in the south of the European part of Russia based on the processing of meteorological data for the 40-year period was carried out. Changes in thermal regime of rivers are compared with the change in environmental factors.

Key words: thermal regime, climate change, the south of European Russia.

Реки на юге европейской территории России (ЕТР) обнаруживают относительно быстрые изменения их режима и состояния под влиянием природных факторов и антропогенных нагрузок. Одни виды этих изменений (сток воды, наносов, химических веществ) изучены достаточно хорошо. В меньшей степени изучены тепловой сток и термический режим водотоков данного региона страны [1-6]. Обобщения еще более редки в отношении природных причин пространственно-временной изменчивости термического режима водотоков в последние десятилетия и в связи с вариацией климатических условий.

Термический режим рек – это закономерные повторяющиеся изменения теплового состояния водотоков. Тепловые процессы в водотоках обусловлены сочетанием климатических особенностей района расположения водотока, изменением температуры и водности реки, гидравлических свойств и морфологических характеристик русла. В годовом ходе температуры воды в реках в зоне умеренного климата обычно выделяют период открытого русла и ледостава. Для учета особенностей термического режима рек можно использовать и его определенную аналогию с водоемами. Для них выделяют 4 сезона: весеннего нагревания, летнего нагревания, осеннего охлаждения, зимнего охлаждения [7]. Каждый сезон года отличается средней величиной температуры воды и ее сезон-

ной вариацией. Летнее нагревание речных вод – период относительно высоких и устойчивых температур. Зимнее охлаждение – период близких к 0°C температур в случае ледостава или низких и устойчивых температур в его отсутствие. Для сезона весеннего нагревания и осеннего охлаждения характерно повышение температур от 0,2°C до летних температур и обратное понижение от летних температур до 0,2°C. Изменение температуры воды от сезона к сезону определяет внутригодовую изменчивость температуры воды и зависит от климатических зональных факторов. Важной характеристикой теплового состояния водотоков являются даты перехода температуры воды через характерные значения 0,2 и 10°C в весенний и осенний периоды. Даты перехода температуры воды через характерные значения 0,2 и 10°C в весенний и осенний периоды закономерно изменяются по территории в зависимости от температуры воздуха. Цель данной статьи – анализ особенностей термического режима незарегулированных рек на юге ЕТР, связанных с ее неоднородностью по набору природных факторов.

Район исследований и использованные данные

Северная граница региона проходит южнее плотины Цимлянского водохранилища и далее следует в сторону г. Волгоград. На юге граница региона совпадает с государственной границей между Российской Федерацией, Грузией и Азербайджаном.

байджаном. На востоке граница проходит по российской части западного побережья Каспийского моря, морскому краю дельты Волги, по государственной границе с Казахстаном, руслу Ахтубы (до г. Волгоград). С запада исследуемая территория ограничена российским побережьем Черного и Азовского морей, морским краем дельты и западной границей устьевой области Дона.

Термический режим незарегулированных рек на юге ЕТР в существенной мере зависит от орографических факторов. В разных частях исследуемой территории влияние орографических условий на даты начала характерных фаз термического режима, температуру воды может быть определяющим или пренебрежимо малым. В зависимости от этих факторов трансформируется широтное изменение температуры воздуха, а также соотношение источников питания рек, влияющих на особенности их термического режима. При наличии ледникового питания температура воды в реках будет ниже по сравнению с реками со смешанным питанием. Подземное питание повышает температуру речной воды в зимний период и понижает ее в остальные фазы термического режима.

В пределах этой территории выделяются несколько орографических зон: Приазовье, Прикаспийская низменность, Предкавказье, северный склон Большого Кавказа, южный склон Большого Кавказа [3]. Прикаспийская низменность представляет собой ровную поверхность, полого наклоненную к морю, среди которой выделяются отдельные возвышенности – Индерские горы, Большое Богдо, Малое Богдо и др. Абсолютные высоты низменности не превышают 150 м [5]. На участках примыкания Прикаспийской низменности к Каспийскому морю абсолютные высотные отметки колеблются от –20 м до –27 м. абс. высоты. Приазовье охватывает территорию Кубано-Приазовской низменности, которая характеризуется равнинностью рельефа и сглаженностью водосборов. Кубано-Приазовская низменность охватывает обширную территорию от долин рек Дона и Маныча (на севере и северо-востоке) до Кубани (на юге территории) [3].

Предкавказье охватывает территорию Прикубанской предгорной равнины, Ставропольской, Терско-Сунженской возвышенности, Минераловодской, Кабардинской, Северо-Осетинской и Чеченской равнины. На юге Предкавказье характеризуется равнинным рельефом. Наибольшие абсолютные высоты не превышают 200-500 м, наименьшие отметки высот характерны для западной

части Прикубанской равнины на границе с дельтой Кубани (не более 20 м. абс.). Центральная часть Предкавказья сильно расчленена овражно-балочной сетью, долинами временных и постоянных водотоков. В рельефе местности представлены возвышенные гряды, плато, столовые горы. Наибольшие высоты характерны для Ставропольской возвышенности (в южной части – 800 м. абс. и выше). Восточная часть Предкавказья полностью совпадает с границами Терско-Кумской низменности (западная часть Прикаспийской низменности). Ее абсолютные отметки изменяются от 240 м на юге-западе (район г. Зеленокумск) до –27 м на побережье Каспийского моря [3].

Большой Кавказ занимает территорию почти 200 тыс. км². По особенностям рельефа Большой Кавказ делится на три части: Западный, Центральный и Восточный. Горная система состоит из семи основных хребтов. Наиболее протяженным (1400 км) и высоким ($H_{cp} = 2890$ м) является Главный хребет, который во многих местах пересекается долинами рек его северного и южного склона. Северный склон Большого Кавказа на территории Российской Федерации имеет более высокие отметки поверхности по сравнению с его южным склоном [3]. В высокогорье располагаются многочисленные ледники, таяние которых оказывает охлаждающее влияние на воды основных притоков Терека и Кубани, расположенные между Главным и Боковым хребтами. Рельеф южного склона Большого Кавказа имеет типично альпийский характер. Основные реки (Пшадра, Вулан, Туапсе, Шахе, Сочи, Мзымта) протекают в глубоких ущельях.

В зависимости от высоты расположения водосборов, наличия или отсутствия ледникового питания возникают различия рек региона по особенностям их термического режима. Они характеризуются большим или меньшим его отклонением от зональных его черт, обусловленных климатическими факторами. Для исследуемой территории характерно возрастание континентальности климата с запада на восток и с севера на юг. Вследствие этого изменяются продолжительность и суровость холодного периода, амплитуда абсолютных годовых значений температуры воздуха, что отражается в изменениях температуры речной воды. Расположение рек в сходных природных условиях обуславливает относительное подобие их термического режима. Средние реки прогреваются и остывают медленнее по сравнению с малыми водотоками. Поэтому в одинаковых климатических ус-

ловиях максимальные значения температуры воды в руслах средних рек относительно понижены, а в руслах малых рек – повышены. С другой стороны, более крупной реке соответствует большая водоносность и теплосодержание водной массы.

Особенности термического режима рек региона изучены на основе анализа данных по 36 рекам. Они относятся к средним (65 %) и малым рекам (35 %). Размеры территории, наличие в ее пределах высотной поясности обуславливают зависимость термического режима всех полугорных (средних) и горных (малых) рек от транзита вод с поверхности более высоко расположенных частей речных бассейнов (76 %). Равнинные реки (средние и малые) имеют зональный гидрологический режим (21 %). Лишь одна малая равнинная река (Ташла) имеет азональные черты гидрологического режима.

Термический режим этих водотоков изучен для периода 1966-2008 гг., в пределах которого выделены два холодных (1966-1978 и 1990-1997 гг.) и два теплых периода (1979-1989, 1998-2008 гг.). Для этого использовались данные по более чем 40 метеорологическим станциям, равномерно распределенным по исследуемой территории. Температура воды в равнинной части региона оценивалась по 30 метеостанциям, в полугорной части юга ЕТР – по 12, а в ее горной части – по 6 метеостанциям. Для сопоставления термического режима рек региона использовались средняя годовая температура воды, ее среднемесячные и экстремальные значения, даты перехода температуры воды через характерные значения.

Пространственные особенности термического режима рек

Ориентация территории с северо-запада на юго-восток и малые амплитуды высот предопределяют небольшие зональные различия в температурном режиме рек на юге России. Пространственная изменчивость средней годовой температуры воды для рек данного района составляет всего 2,5°C, при максимуме 13,3°C (р. Челбас). При переходе от западных к восточным границам региона происходит понижение средней годовой температуры воды. Максимальные ее значения характерны для рек Приазовья, что обусловлено их малыми размерами и скоростями течения. Для средних рек Приазовья характерно изменение средней годовой температуры воды (q) в зависимости от средней годовой температуры воздуха (q_a) (коэффициент корреляции $r = 0,81$):

$$q = 1,4q_a - 2,7. \quad (1)$$

В пределах района увеличение размера реки сопровождается возрастанием среднегодовой температуры воды.

Температура воды рек на северном склоне Большого Кавказа определена зональными климатическими условиями и высотной поясностью, размером рек и соотношением источников их питания. Регион ориентирован с северо-запада на юго-восток, протягивается более чем на 1000 км и имеет существенный перепад высот. В результате возникают отличия в температуре воздуха, что обуславливает отсутствие общей зависимости для средней годовой температуры воды рек Большого Кавказа от средней годовой температуры воздуха. Для рек в предгорьях Большого Кавказа она имеет вид ($r = 0,96$):

$$q = 0,8q_a + 1,1. \quad (2)$$

Средняя годовая температура воды максимальна для водотоков на севере и северо-западе северного склона Большого Кавказа. На реках Адагум, Псекупс, Лаба (нижнее течение) средняя годовая температура воды составляет 12,3-12,6°C, достигая максимальных значений на Кубани перед впадением в Краснодарское водохранилище – 13,8°C. В целом температура воды понижается в направлении с северо-запада на юго-восток района и с ростом абсолютных отметок. На крупных реках температура воды повышается вниз по течению. Температура воды в р. Кубань в районе х. Дегтяревский ($F = 7390 \text{ км}^2$), например, составляет 0,5°C, а к Армавиру ($F = 16900 \text{ км}^2$) она повышается до 11,7°C. Следовательно, среднегодовая температура воды этой реки повышается через каждые 100 км длины на 0,9°C. Реки с ледниковым питанием имеют более низкую среднюю годовую температуру воды. Ниже ледников средняя за год температура воды составляет 2-3°C. На высотах более 1000 м. абс. температура воды повышается вниз по течению с интенсивностью 0,3°C при понижении абсолютных отметок местности на каждые 100 м. Она возрастает до 0,5°C на высотах 500-1000 м. абс. и до 0,8°C на высотах ниже 500 м. абс. [8]. При средней высоте бассейна 2500-2810 м средняя годовая температура воды изменяется в пределах 3,7-7,2°C (Теберда – 4,7, Уллукам – 3,7, Баксан – 6,9, Черек – 6,6°C).

Внутригодовой ход температуры воды на всех реках практически одинаков (рис. 1), характеризуется плавным ее повышением с февраля до июля-августа и достижением максимальных значений в

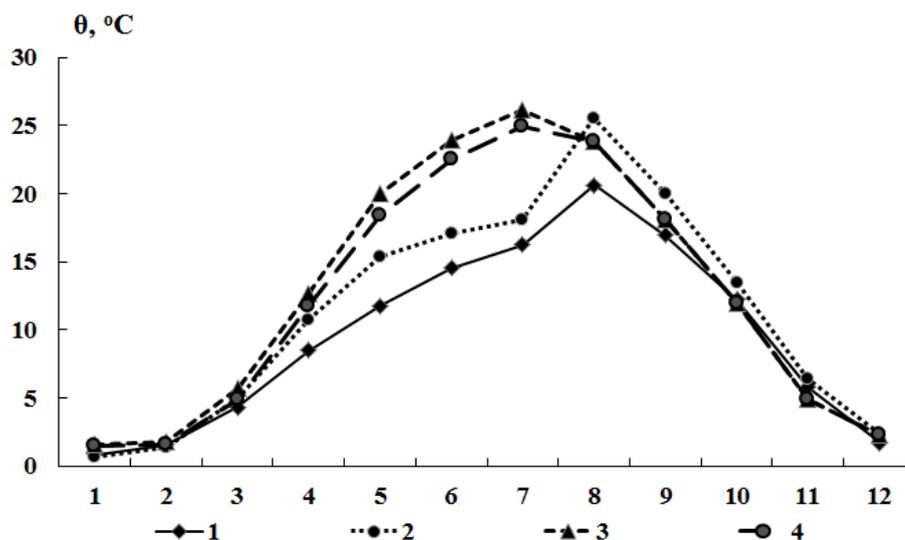


Рис. 1. Внутригодовой ход температуры воды на реках северного склона Большого Кавказа (Уллукам, 1; Кубань, 2) и Предкавказья (Челбас, 3; Сал, 4)

июле-августе (до 23,9°C). Температура воды понижается сравнительно плавно, достигает минимума в зимний период (февраль). Минимальные температуры воды относительно высоки (3-5°C), что связано с выпадением дождевых осадков в данный сезон года.

Внутригодовой ход температуры воды на реках северного склона Большого Кавказа имеет ряд отличий от рек Предкавказья (рис. 1). Во-первых, нагревание водной массы на многих реках происходит с февраля по август, а охлаждение – с сентября по январь. Во-вторых, внутригодовое изменение температуры воды имеет более плавный характер.

Весеннее нагревание воды происходит наиболее быстро в руслах малых и средних рек Приазовья и центрального Предкавказья (Челбас, Сал, Кума, Калаус) (рис. 1). Устойчивый переход температуры воды через 0,2°C в среднем приходится на третью декаду февраля – первую декаду марта. Для рек Приазовья и Предкавказья дата перехода температуры воды через 0,2°C ($r=0,89$):

$$D_{0,2} = -10,45q_{\text{фев}} + 34,2. \quad (3)$$

Здесь $q_{\text{фев}}$ – средняя температура воздуха за февраль. Понижение средней температуры воздуха в феврале на 1°C приводит к смещению даты перехода температуры воды через 0,2°C на более поздний срок (в среднем на 10 суток). Раньше всего температура воды переходит через 0,2°C на р. Челбас (3 февраля). Переход температуры воды через 10°C в весенний период чаще наблюдается на реках во второй декаде апреля, раньше начинается на реках центральной части Предкавказья (Сал, Новый Егорлык).

Максимальные значения температуры воды (30-33,6°C) приходятся на июль и свойственны рекам Приазовья и бассейна Кумы. Дата наступления максимальной температуры воды тесно связана со средней температурой воздуха за месяц, предшествующий ее наступлению. Для большинства рек района таким месяцем является июль. В этом случае зависимость между этими величинами имеет вид ($r=0,76$):

$$D_{q_{\text{max}}} = 3,3q_{\text{июл}} + 126. \quad (4)$$

На реках региона, имеющих ледниковое питание, наиболее интенсивное повышение температуры воды начинается в апреле. В конце июля – начале августа на реках наблюдаются максимальные значения температуры воды. Ее значения изменяются в пределах от 13,5 (Баксан – г. Тырныуз) до 28,9°C (Кубань – ст. Ладожская). В целом более высокие значения температуры воды присущи водотокам на северо-западе северного склона Большого Кавказа, которые не имеют ледникового питания (Адагум, Афипис, Псекупс). Зависимость максимальной температуры воды от температуры воздуха в предшествующем месяце до ее формирования для предгорий Кавказа имеет вид ($r=0,94$):

$$q_{\text{max}} = 1,2q_{\text{июл}} - 0,64. \quad (5)$$

Для рек преимущественно с ледниковым питанием изменяются параметры данной зависимости ($r=0,91$):

$$q_{\text{max}} = 0,85q_{\text{июл}} - 0,25. \quad (6)$$

С сентября начинается охлаждение речных вод. На водотоках, берущих начало на северо-западе

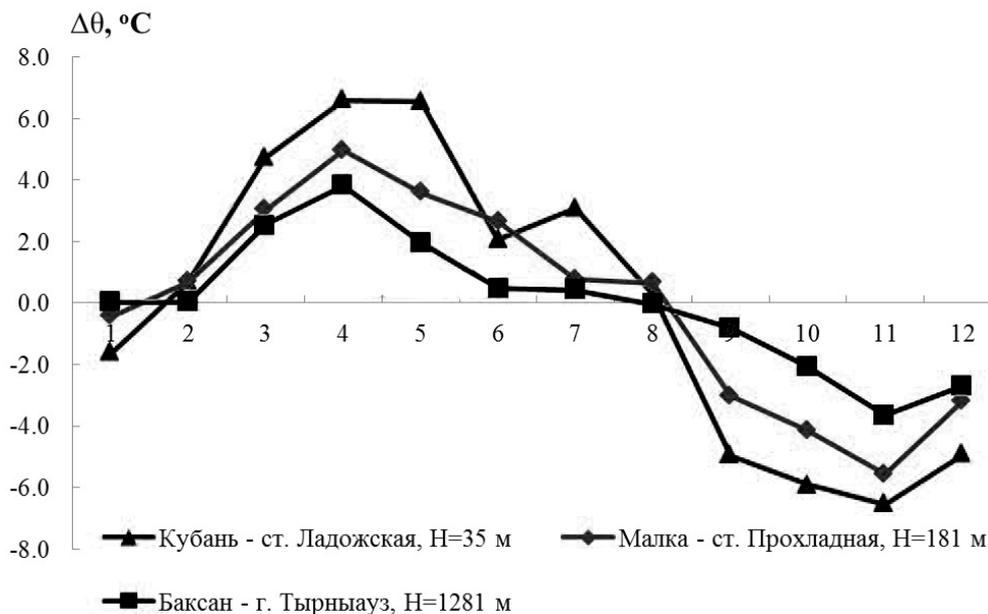


Рис. 2. Внутригодовая изменчивость температуры воды рек с разной высотой речного бассейна

северного склона Большого Кавказа (Псекупс, Афипс, Адагум), охлаждение водотоков начинается в августе. В середине третьей декады декабря температура воды ниже 10°C наблюдается на реках центральной части Предкавказья (Сал, Каласус). В конце октября – начале ноября температура воды опускается ниже 10°C на крупных водотоках, на реках Приазовья и средних реках Предкавказья. На малой реке Ставропольской возвышенности (Ташла) переход через 10°C происходит лишь 2 ноября, поскольку для данной реки характерна повышенная доля грунтового питания. Через 0,2°C температура воды переходит во второй-третьей декаде декабря.

В январе на всех реках региона формируется минимум температуры воды (0-4°C). Минимальные значения температуры воды на реках Приазовья и Предкавказья наблюдаются в январе и колеблются в пределах от 0 до 2,9°C (рис. 1). На р. Ташла высокие значения температуры воды за январь обусловлены особенностями ее питания в зимний период [3].

В весенний период переход температуры воды рек в предгорьях северного склона Большого Кавказа через характерные значения (0,2 и 10°C) начинается соответственно в 1-3 декадах февраля и в конце марта. Даты перехода смещаются на более поздние сроки с ростом абсолютной высоты местности. На реках с ледниковым питанием переход температуры воды через 10°C наблюдается в мае-июне (верховья Лабы, Белой, Самура). Аналогично изменяются даты перехода через харак-

терные значения в осенний период. Наиболее ранний переход температуры воды через 10°C (сентябрь – начало октября) свойственен рекам с ледниковым питанием. Для остальных водотоков температура воды опускается ниже 10°C преимущественно в конце октября – начале ноября.

Температура воды в руслах рек южного склона Большого Кавказа практически не опускается ниже 0,2°C. С повышением высоты водосборов изменяется соотношение источников питания водотоков, поэтому даты перехода температуры воды через рубеж 10°C зависят от высоты местности. В весенний период переход температуры воды через этот рубеж происходит на северо-западе района, затем на юго-востоке и в горной части района. Юго-восточный склон Большого Кавказа имеет наибольшие высоты, поэтому питание талыми снеговыми водами растягивается на более длительный период, а температура воды достигает значений выше 10°C к июню. В осенний период температура воды переходит через 10°C в обратной последовательности: раньше понижаются температуры на горных реках юго-востока района, затем – в его центральной части, и в последнюю очередь – в северо-восточной части южного склона Большого Кавказа.

Внутригодовые изменения температуры речных вод тем больше, чем крупнее водоток и меньше средняя высота водосбора (рис. 2). Для рек южного склона Северного Кавказа и северных предгорий Большого Кавказа изменение теплового состояния рек имеет сходные черты. Для рек, имеющих

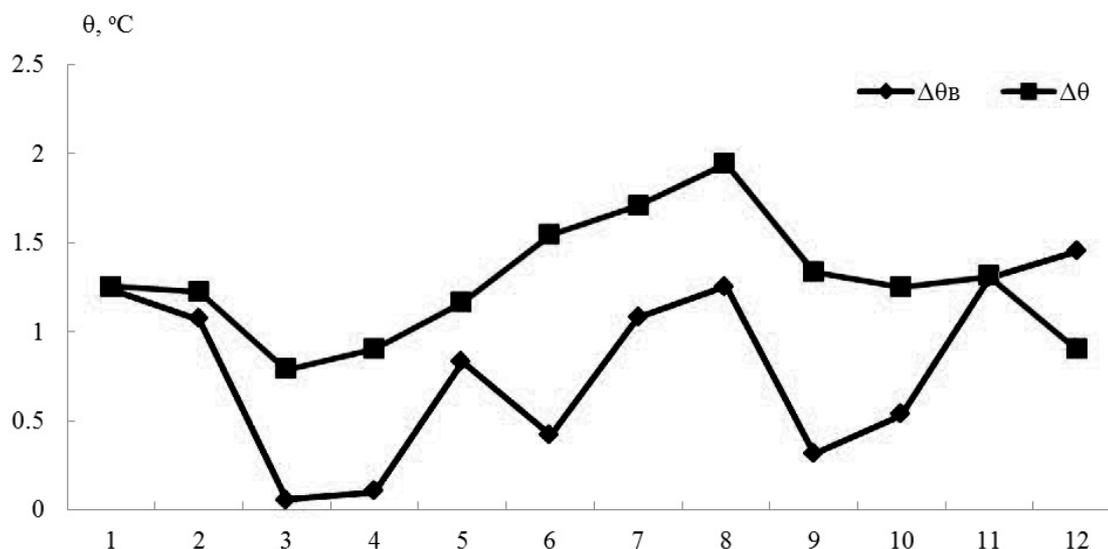


Рис. 3. Соответствие изменений средних месячных значений температуры воздуха ($Dq_{\text{в}}$) и воды (Dq) (р. Мзымта, Красная Поляна)

невысокие водосборы, возрастает внутригодовая изменчивость температуры смежных месяцев; она минимальна для водотоков горных районов.

Изменение термического режима рек во времени

Средняя годовая температура речной воды в регионе испытывает изменения во времени, отличающиеся в разных частях исследуемого региона. Средняя годовая температуры воды на реках Приазовья и Предкавказья за последние 40 лет повысилась на 0,3-1,5°C. Наибольшие изменения теплового состояния рек характерны для периода весенне-летнего нагревания. В летний сезон года среднее приращение максимальных температур воды составило 3,9°C (р. Мокрая Буйвола), при этом изменение их годовых максимальных значений находилось в пределах 0,4-5,5°C. В зимний период температура воды для большинства рек также возросла. Например, в русле р. Егорлык температура за ноябрь-март за 1996-2008 гг. повысилась на 0,7°C по сравнению с периодом 1966-1977 гг.

Изменение средней годовой температуры воды рек северного склона Большого Кавказа в последние 40 лет находилось в диапазоне 0,2-0,8°C. Повышение температуры воды линейно связано с возрастанием средней годовой температуры воздуха ($r=0,75-0,87$):

$$q = a q_{\text{в}} + b, \quad (7)$$

где a и b – коэффициенты, индивидуальные для каждого водосбора. Например, для р. Белая – х. Каменноостровский $a=0,69$, $b=0,01$, а для р. Кубань –

г. Армавир $a=0,34$, $b=7,9$. На ряде рек, имеющих в летний период преимущественно ледниковое питание, средняя годовая температура воды понизилась на 1,9°C (р. Уллукам). Это связано с активизацией таяния ледников и постоянной подпиткой рек холодными ледниковыми водами в теплую часть года. Температура воды на таких реках понизилась за летний период на 1,5-4°C.

На реках южного склона Северного Кавказа средняя годовая температура воды возросла за период 1996-2008 гг. на 0,7-1,8°C. Повышение температуры воздуха и воды характерно для всех сезонов года (рис. 3). Однако наибольшие изменения оказались характерны для летнего периода (температура воды повысилась на 0,8-2,6°C).

Изменение климатических условий в последние 40 лет привело к смещению дат перехода температуры воды через характерные значения. На реках Приазовья и Предкавказья особенно заметен сдвиг дат перехода температуры воды через 0,2°C в весенний период (в среднем на 10-24 суток в сторону более ранних сроков). Аналогично изменились даты перехода температуры воды через 10°C (на 5-9 суток в сторону более ранних значений). Указанные весенние изменения минимальны для крупных рек. Для осеннего периода характерно смещение дат перехода в сторону более поздних сроков. Сдвиг составляет 2-12 суток для перехода температуры воды через 10°C и 7-12 суток для ее перехода через 0,2°C. Наиболее существенные изменения характерны для дат перехода температуры воды через 0,2°C в весенний период на реках северного склона Большого Кавказа. В 1996-

2008 г. этот рубеж преодолевался на 2-30 суток раньше по сравнению с 1966-1977 гг. Для некоторых водотоков, наоборот, произошел сдвиг этого перехода на более поздние сроки (на 8 суток для р. Б. Зеленчук, пгт. Архыз). Весной температура воды достигает значений 10°C раньше (на 4-14 суток), а осенью – позже (на 3 дня для р. Афипс и на 30 дней для р. Нальчик)). Для большинства рек района осенний переход температуры воды через 10°C наблюдается позже на 4-13 суток. На некоторых водотоках даты перехода через этот температурный рубеж сместились на более ранние сроки. На реках южного склона Северного Кавказа средние даты (1995-2008 гг.) весеннего перехода температуры воды через характерные значения сместились на 5-13 суток на более ранние сроки, а в осенний период – на более поздние даты (на 8-28 суток).

Итак, анализ особенностей термического режима незарегулированных водотоков на юге ЕТР показал, что термический режим водотоков в равнинной и горной частях региона неодинаков. На равнине нагревание водной массы в реках начинается и заканчивается раньше по сравнению с горными условиями, что находится в зависимости от наличия или отсутствия у них ледникового питания.

Климатические изменения в 1966-2008 гг. привели к повышению средней годовой температуры воды равнинных рек на 0,3-1,5°C, рек в предгорьях Северного Кавказа – на 0,2-0,8°C. На водотоках, имеющих преимущественно ледниковое питание в летний период, средняя годовая температура воды понизилась вследствие активизации таяния ледников.

Повышение температуры воздуха привело к смещению дат перехода температуры воды через 0,2°C за последние 40 лет на 10-24 суток, дат перехода через 10°C – на 5-9 суток в сторону более ранних сроков. В осенний период такой переход

стал наблюдаться позже на 2-12 суток для дат перехода через рубеж 10°C и на 7-12 суток – для перехода через рубеж 0,2°C. В 1996-2008 гг. В горах даты перехода температуры воды через 10°C сместились на более поздние сроки в период нагревания водной массы и на более ранние сроки – в период ее охлаждения, что связано с активной деградацией ледников.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 12-05-00069) и гранта Правительства РФ (№11.G.34.31.00077) для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских вузах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидроэкология: теория и практика. (Проблемы гидрологии и гидроэкологии) / под ред. Н. И. Алексеевского. – Москва : Издательство Московского государственного университета, 2004. – Вып. 2. – 507 с.
2. Лурье П. М. Река Маньч: гидрография и сток / П. М. Лурье, В. Д. Панов, А. М. Саломатин. – Санкт-Петербург : Гидрометеоздат, 2001. – 506 с.
3. Лурье П. М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа / П. М. Лурье. – Санкт-Петербург : Гидрометеоздат, 2002. – 506 с.
4. Михайлова М. В. Закономерности формирования современных дельт выдвигания Сулака и Терека / М. В. Михайлова // Комплексные исследования Северного Каспия. – Москва : Наука, 1988. – С. 70-83.
5. Михайлов В. Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее, будущее / М. В. Михайлова. – Москва : ГЕОС, 1997. – 413 с.
6. Симонов А. И. Гидрология устьевой области Кубани / А. И. Симонов. – Москва : Гидрометеоздат, 1958. – 140 с.
7. Одрова Т. В. Гидрофизика водоемов суши / Т. В. Одрова. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1979. – 311 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность / под ред. В. В. Куприянова. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1973. – Т. 8 : Северный Кавказ. – 447 с.

Кузьмина Екатерина Олеговна
аспирант, инженер кафедры гидрологии суши географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва, т. 8 (095) 939-15-33, 8 (915) 413-46-47, E-mail: hydrosoul@mail.ru

Kuz'mina Ekaterina Olegovna
Postgraduate student, Engineer of the Chair of Land Hydrology of Geographical Department, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, tel. 8 (095) 939-15-33, 8 (915) 413-46-47, E-mail: hydrosoul@mail.ru