DOI: 10.21513/0207-2564-2017-1-56-72 УДК 551(524.3+577.2)

СВЯЗЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ПОБЕРЕЖЬЕ АРКТИКИ С ОСАДКАМИ В БАССЕЙНЕ ВОЛГИ

Н.К. Кононова[1)], О.Ф. Самохина[2)]

[1)]Институт географии РАН,
Россия, 109017, г. Москва, Старомонетный пер., 29; *NinaKononova@yandex.ru*

[2)] Институт глобального климата и экологии,
Россия, 107258, г. Москва, ул. Глебовская, 20Б; *samoxinao@yandex.ru>*

Резюме. В работе рассмотрена связь температуры воздуха на Европейском побережье Арктики с годовыми, сезонными и месячными суммами атмосферных осадков в верхнем, среднем и нижнем течении Волги. Установлено, что преобладает отрицательная корреляция. В конце XIX и первой половине XX века связь температуры воздуха на побережье Арктики была наиболее тесной с осенними суммами осадков в верхнем течении Волги, а связь с месячными суммами осадков оказалась наиболее тесной в декабре в нижнем течении. В XXI веке отрицательная корреляция оказалась наиболее значимой в зимний период в нижнем течении Волги, а связь с месячными суммами – в марте в верхнем и среднем течении.

Ключевые слова.Температура воздуха, побережье Арктики, атмосферные осадки, атмосферная циркуляция, бассейн Волги.

RELATION BETWEEN AIR TEMPERATURE IN ARCTIC ABROAD AND PRECIPITATION IN THE VOLGA RIVER BASIN

N.K. Kononova[1)], O.F. Samokhina[2)]

[1)] Institute of Geography RAS,
29, Staromonetnyi per., 119017, Moscow, Russia; NinaKononova@yandex.ru

[2)] Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet and RAS,
20B, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russia; *samoxinao@yandex.ru*

Summary. The paper considers the relationship of air temperature on the European coast of the Arctic with annual, seasonal and monthly precipitation in the upper, middle and lower reaches of the Volga. It is established that negative correlation predominates. At the end of the XIX and the first half of the twentieth century, the connection of air temperature on the coast of the Arctic was the closest to the autumnal precipitation in the upper Volga, and the connection with monthly precipitation was the closest in December in the lower reaches. In the 21st century, the negative correlation turned out to be the most significant in the winter period in

the lower reaches of the Volga, and the connection with monthly totals was in March in the upper and middle reaches.

Keywords. Air temperature, Arctic coast, atmospheric precipitation, atmospheric circulation, the Volga basin.

Введение

У Л.С. Берга (Берг, 1947) есть работа об уровне Каспийского моря и условиях плавания в Арктике, в которой показано, что уровень Каспия зависит от количества осадков, в основном зимних, в бассейне Волги. В период, когда уровень Каспия понижается, ледовитость в Арктике уменьшается, условия плавания улучшаются. Другие исследователи (Карпычев, 1989, Клиге, 1997, 2000), изучая связь глобальных изменений климата в голоцене и в современный период с уровнем Каспия, установили, что в эпохи похолодания уровень Каспия повышается, а в эпохи потепления понижается предположительно из-за изменения количества осадков в бассейне Волги и испарения с поверхности Каспия. Мы решили продолжить эти исследования, использовав данные метеорологических наблюдений за температурой воздуха на побережье Арктики, за количеством осадков в бассейне Волги, а также сведения об изменении характера циркуляции атмосферы за период с конца XIX по 2015 г.

Материалы и методы

В работе использована База климатических данных ИГКЭ температуры и осадков на 1383 станциях Мира (http://www.climatechange.su). По месячным значениям температуры воздуха арктических станций, расположенных на берегах арктических морей и работающих по настоящее время, получены ряды средних значений за тёплое, холодное полугодия и ряды среднегодовых значений. Для станций в бассейне Волги проведены аналогичные расчёты сумм осадков.

Для анализа изменения характера циркуляционных процессов использована типизация циркуляции атмосферы Северного полушария, разработанная Б.Л. Дзердзеевским, В.М. Курганской и З.М. Витвицкой (Дзердзеевский и др., 1946). Проанализирован Календарь последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) за 1899-2015 гг. Проанализированы расчёты продолжительности ЭЦМ и групп ЭЦМ для Северного полушария в целом и для секторов, в которых расположена Россия (Дзердзеевский, 1970; Колебания циркуляции атмосферы…, www.atmospheric-circulation.ru).

Корреляции рассчитывались по рядам: аномалий температуры воздуха на севере России, аномалий осадков в Верхнем, Среднем и Нижнем течении Волги; ряды получены осреднением по площадям регионов, как в действующей технологии мониторинга климата в ИГКЭ (регионы осреднения представлены на рис. 1).

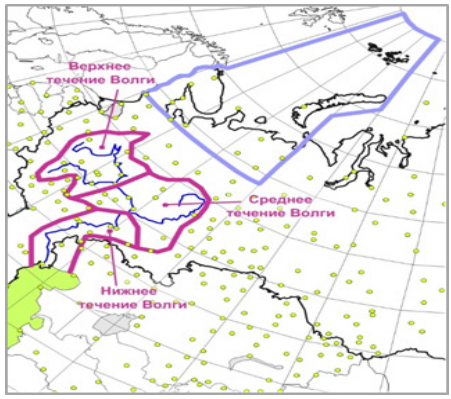

Рисунок 1. Регионы осреднения температуры воздуха (оконтурены синей линией) и сумм осадков в бассейне верхней, средней и нижней Волги (оконтурены красной линией)
Положение станций показано точками

Полученные результаты

Анализ среднегодовой температуры воздуха на арктическом побережье с 1896 по 2015 гг. выявил два периода положительных отклонений (рис. 2): с 1916 по 1946 гг. и с 1981 г. по настоящее время. Максимума потепление достигло в последние годы.

Рисунок 2. Среднегодовая аномалия температуры на севере Европейской России: среднегодовые значения и 11-летняя скользящая средняя

Первое потепление относится к зональной эпохе (Дзердзеевский, 1968), когда континентальные антициклоны были смещены к югу, а по арктическим и субарктическим широтам проходили атлантические циклоны (рис. 3а). Второе потепление относится к двум циркуляционным периодам меридиональной южной циркуляционной эпохи: периоду роста количества выходов южных циклонов (1981-1997 гг., рис. 3б) и периоду роста блокирующих процессов (1998-настоящее время, рис. 3в) (Кононова, 2015).

В связи с преимущественно антициклоническим режимом циркуляции над ЕТР количество осадков в бассейне Волги в периоды потепления Арктики уменьшается (рис. 4)

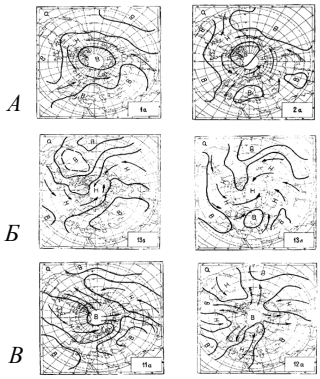

Рисунок 3. Динамические схемы ЭЦМ, наиболее продолжительных:
А – в зональную циркуляционную эпоху, Б – в период роста продолжительности южных циклонов меридиональной южной циркуляционной эпохи, В – в период роста продолжительности блокирующих процессов

1а, 13з и 11а – ЭЦМ холодного полугодия; 2а, 13л и 12а – ЭЦМ теплого полугодия.

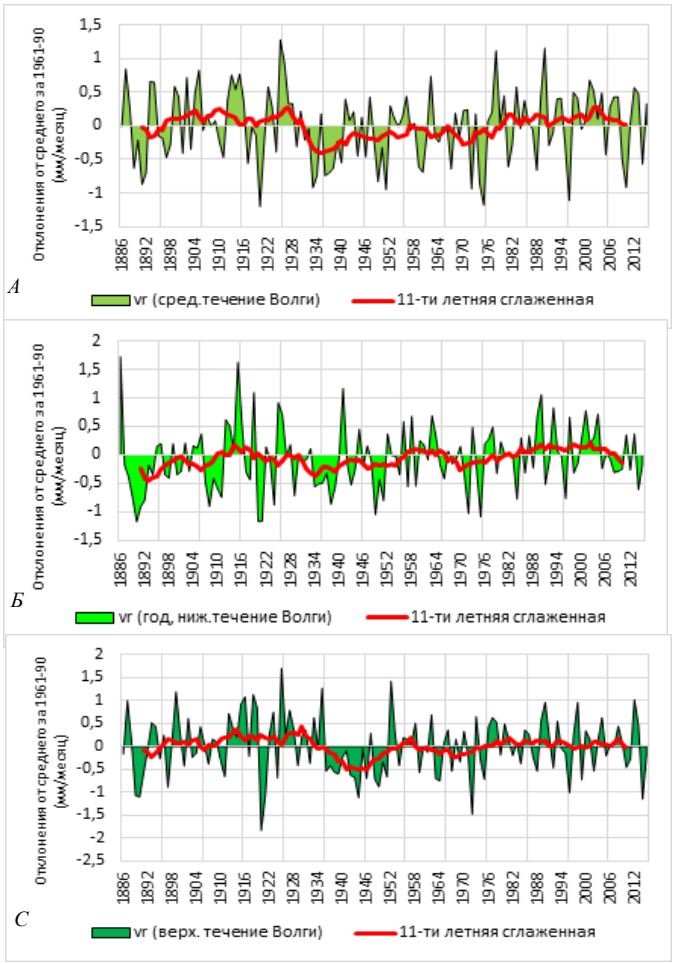

Рисунок 4. Среднегодовое количество осадков и 11-летняя скользящая средняя в бассейне Волги
А – нижнее течение, Б – среднее течение, В – верхнее течение.

Отрицательная связь годовых сумм осадков в бассейне Волги с температурой на побережье Арктики чётко прослеживается по всему бассейну Волги в зональную эпоху, в период первого потепления, когда она и была отмечена Л.С. Бергом.

В начале второго периода потепления Арктики, в 1981-1998 гг, при увеличении суммарной продолжительности средиземноморских циклонов происходит увеличение осадков, особенно заметное на средней Волге. Затем в связи с ростом продолжительности антициклонической циркуляции на ЕТР количество осадков в бассейне Волги уменьшается.

Ещё заметнее противоположный ход кривых температуры и осадков на примере отдельных станций (рис. 5).

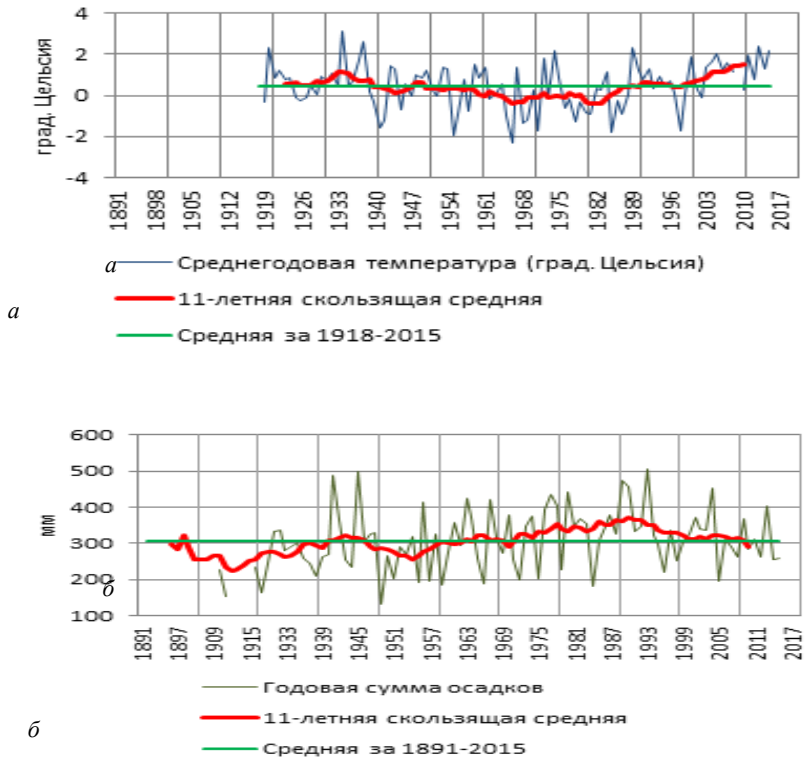

Рисунок 5. Изменение средней годовой температуры на станции Мурманск (а) и годовой суммы осадков на станции Александров Гай (б)

Ещё заметнее отрицательная связь в зимний период (рис. 6), что также отмечено Л.С. Бергом.

Как видно на рис. 6, в период первого потепления во всём бассейне Волги прослеживается противоположный ход кривых аномалий сумм зимних осадков с аномалиями температуры воздуха в Арктике. В период второго потепления связи менее чёткие.

Наибольшие аномалии отмечаются по месяцам: в декабре наиболее тесная связь видна в период первого потепления в среднем и нижнем течении (рис. 7), в период второго потепления – в феврале в нижнем течении (рис. 8).

.

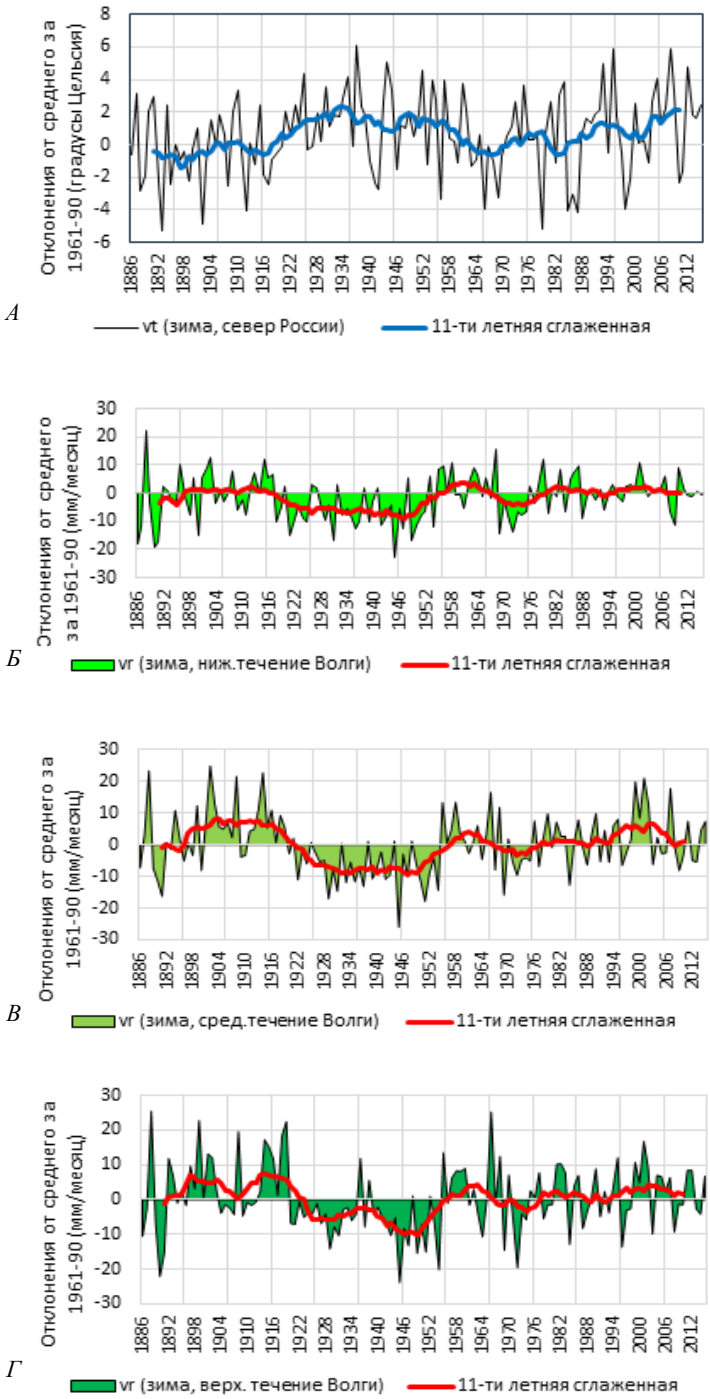

Рисунок 6. Средняя аномалия температуры воздуха на побережье Арктики (А) и средние аномалии сумм осадков в нижнем (Б), среднем (В) и верхнем (Г) течении Волги зимой

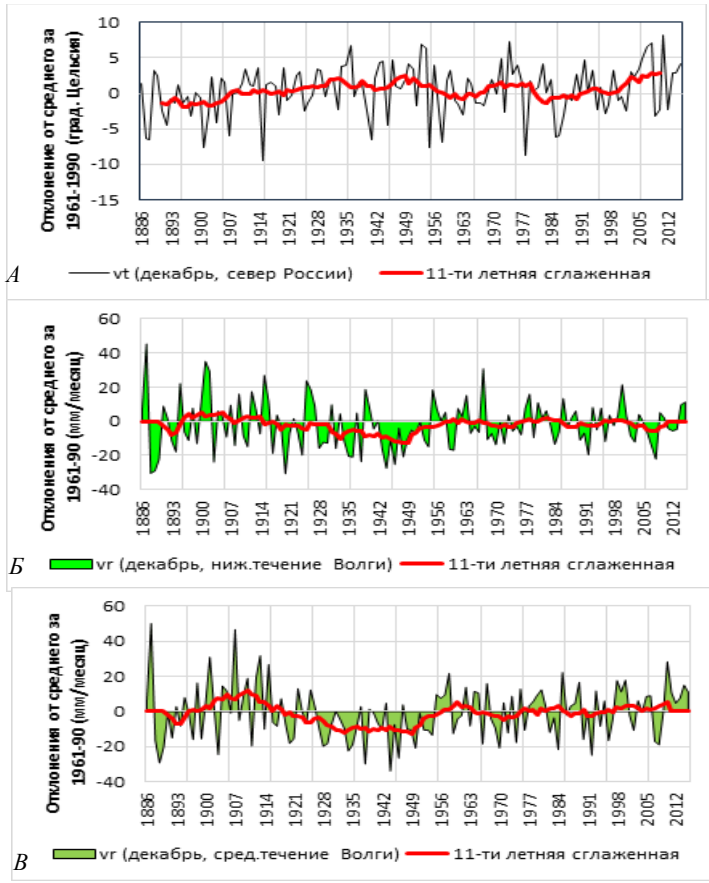

Рисунок 7. Средняя аномалия температуры воздуха на побережье Арктики (А) и средние аномалии сумм осадков в нижнем (Б) и среднем (В) течении Волги в декабре

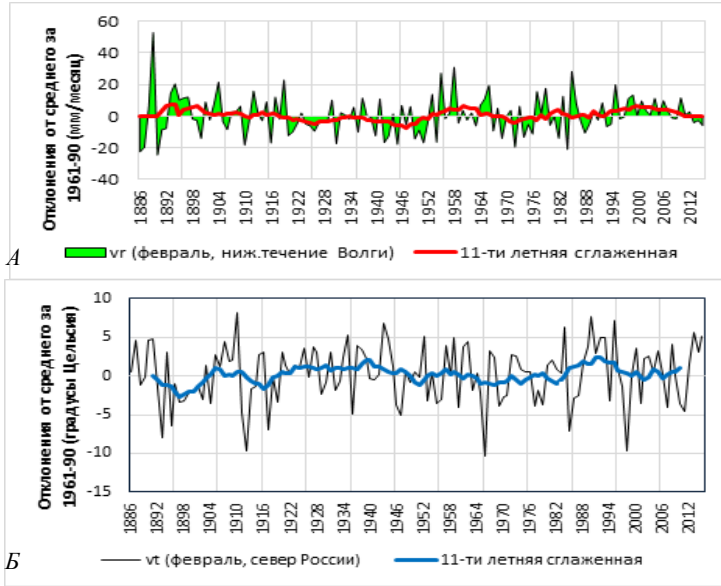

Рисунок 8. Средняя аномалия температуры воздуха на побережье Арктики (А) и сумм осадков в нижнем течении Волги (Б) в феврале

То же происходит и в другие сезоны (рис. 9-11).

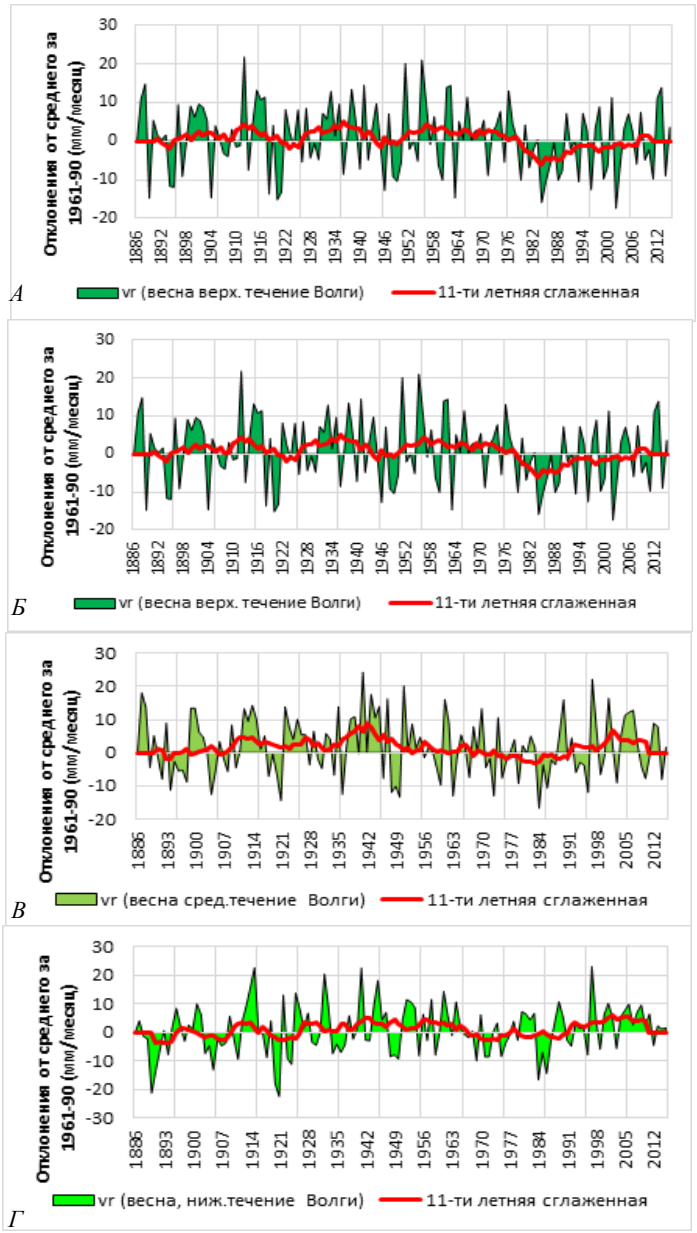

Рисунок 9. Средняя аномалия температуры воздуха на побережье Арктики (А) и средние аномалии сумм осадков в нижнем (Б), среднем (В) и верхнем (Г) течении Волги весной

Как видно на рис. 9, наибольшая средняя аномалия температуры воздуха на побережье Арктики весной в период первого потепления составила в 1920 г. 4.18°С, в 1921 г. 3.52°С . Отрицательная аномалия осадков в 1920 г. составляла в нижнем течении -17.9 мм, в среднем течении -7.1 мм, в верхнем течении -15.2 мм; в 1921 г. – в нижнем течении -22.5 мм (это самая большая по модулю отрицательная аномалия за весь период наблюдений), в среднем течении -14.9 мм, в верхнем -13.2 мм.

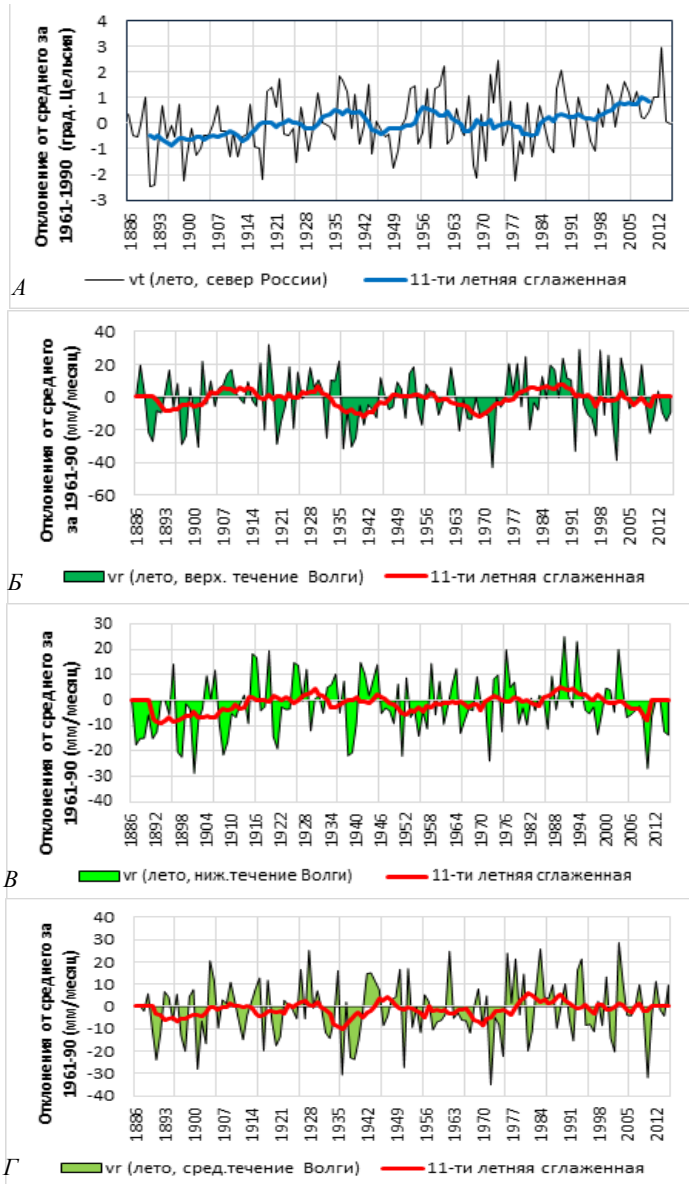

Рисунок 10. Средняя аномалия температуры воздуха на побережье Арктики (А) и средние аномалии сумм осадков в нижнем (Б), среднем (В) и верхнем (Г) течении Волги летом

В период современного потепления наибольшая средняя аномалия температуры воздуха на побережье Арктики весной отмечалась в 2015 г. (4.86°С), Наибольшие же по модулю отрицательные аномалии осадков отмечались во всём бассейне Волги в 1984 г. при значительно меньшей аномалии температуры (1.17° С): -16.6 мм в нижнем течении, -17.5 мм в среднем течении, -15.9 мм в верхнем течении. В верхнем течении уменьшение осадков особенно заметно (рис. 9Г), т. к. с 1979 по 1989 гг. отмечалось только 2 года с небольшими положительными аномалиями осадков. Наибольшая по модулю отрицательная аномалия осадков в верхнем течении за весь период наблюдений

(-17.4 мм) относится к 2002 г. В этот период растёт продолжительность блокирующих процессов и антициклонической циркуляции на материке за счёт уменьшения продолжительности атлантических и средиземноморских циклонов.

Летом, как видно на рис. 10А, положительные аномалии температуры воздуха на побережье Арктики преобладали с 1931 по 1945 гг., с 1952 по 1964 гг. и с 1981 г. по настоящее время. Первый период относится к зональной эпохе, второй охватывает конец зональной эпохи и первую половину периода роста продолжительности блокирующих процессов при арктических вторжениях на Сибирь и Америку. Для Европы он мало отличается от зональной эпохи: те же антициклоны на континенте и уход атлантических циклонов в Арктику. Третий период, как уже отмечалось, распадается на два: рост продолжительности средиземноморских циклонов (1981-1997 гг.) и рост продолжительности блокирующих процессов по четырём направлениям с формированием антициклонов на континентах зимой и летом. При циклонической циркуляции в Арктике летом положительные аномалии температуры воздуха невелики. В первый период наибольшая аномалия температуры воздуха составила 1.86^{o}C в 1936 г. В этом году аномалия осадков в нижнем течении Волги составляла -5 мм, в среднем – -27.5 мм, в верхнем – -31. 6 мм. В 1938 г. при аномалии температуры воздуха 1.23^{o}C аномалия осадков в нижнем течении составила -21.8 мм, в среднем – -24.5 мм, в верхнем – -30.5 мм. Как видно на рис. 10, связь аномалий осадков в верхнем и среднем течении Волги с аномалиями температуры воздуха в Арктике более тесная, чем в нижнем.

Летом в период с 1952 по 1964 гг. максимальная аномалия температуры воздуха в Арктике наблюдалась в 1961 г.: 2.25^{o}C, однако наибольшая по модулю аномалия осадков в этом году составила -9.4 мм в нижнем течении. Самые большие отрицательные аномалии осадков отмечались в 1972 г., когда на территории всей ЕТР стояла сильнейшая засуха: -23.9 мм в нижнем течении Волги, -34.6 мм в среднем течении и -43.2 мм в верхнем. Аномалия температуры воздуха в Арктике при этом составила 1.93^{o} C. Этот год пришёлся на период увеличения продолжительности зональной циркуляции. Как и в зональную эпоху, по северу континента шли атлантические циклоны, а над ЕТР всё лето стоял мощный антициклон.

То же происходило и в современный период: наибольшие по модулю отрицательные аномалии осадков отмечались при засухе 2010 т. (в нижнем течении -26.9 мм, в среднем -33.1 мм, в верхнем -22.2 мм). В 2014 и 2015 гг. при отсутствии положительных аномалий температуры в Арктике аномалии осадков на Волге составляли: в 2014 г. в нижнем течении -12.3 мм, в верхнем -14.7 мм; в 2015 г. – в нижнем -13.7 мм, в верхнем – -9.3 мм.

В 2015 г. Волга в нижнем течении быстро мелела, люди руками собирали рыбу и относили её в реку. Нереста в 2015 г. не было (http://www.meteonovosti.ru/).

Таким образом, связь летних осадков в бассейне Волги с повышением температуры воздуха на побережье Арктики невелика из-за небольших аномалий температуры, но экологическое значение уменьшения количества осадков очень велико.

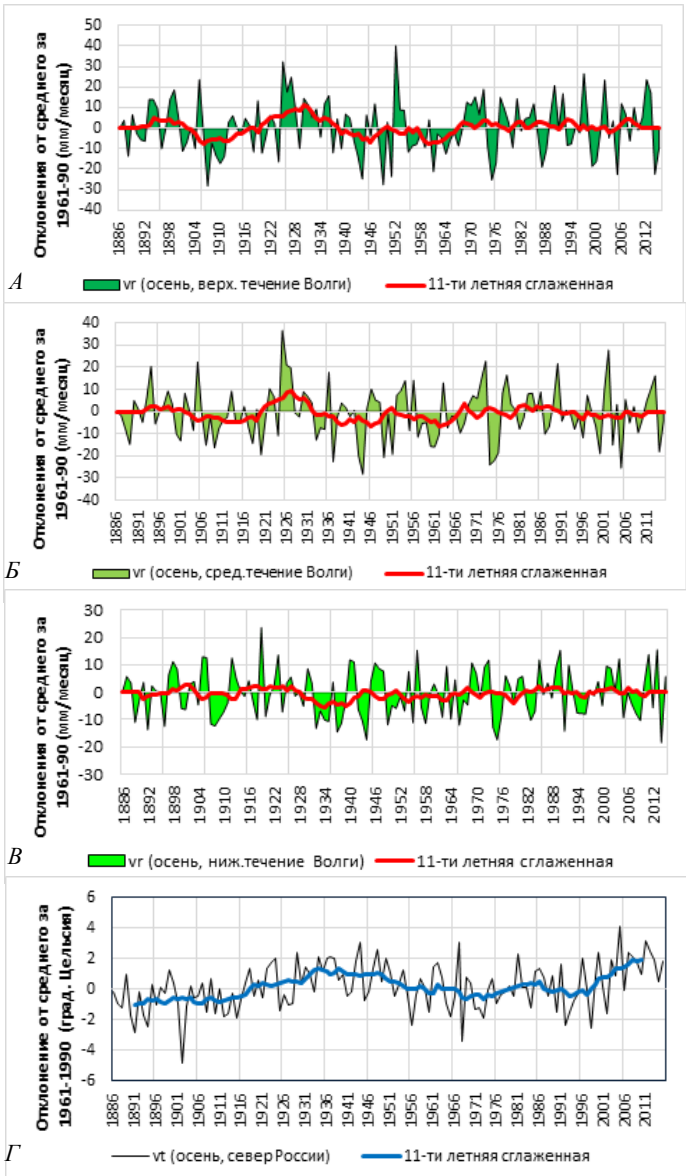

Рисунок 11. Средняя аномалия температуры воздуха на побережье Арктики (А) и средние аномалии сумм осадков в нижнем (Б), среднем (В) и верхнем (Г) течении Волги осенью

Осенью (рис. 11А) отчётливо видно преобладание положительных аномалий температуры воздуха в 1917-1954 гг. и с 1996 г. по настоящее время. Наибольшая аномалия температуры воздуха в первом периоде (3.04°С) отмечалась в 1944 г. Аномалии сумм осадков составляли в этом году в нижнем течении -17.5 мм, в среднем течении -26.7 мм, в верхнем – 24.8 мм (рис. 11 Б, В и Г). В каждом течении это была самая большая по модулю аномалия за рассматриваемый период.

С 1996 г. самая большая аномалия температуры на побережье Арктики (4.1° С) отмечалась в 2005 г. Аномалии осадков в этом году составляли -9.4 мм

в нижнем течении, -25.8 мм в среднем течении, -22.6 мм в верхнем. Заметим, что в оба периода аномалия сумм осадков в среднем течении была наибольшей из трёх регионов и самой большой за рассматриваемый период.

Исследование дополняет расчёт коэффициентов корреляции (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между аномалией температуры на севере европейского побережья российской Арктики и аномалиями осадков в бассейне Волги

Регион	Сезон	1886-2015	1920-2015	1920-1940	1941-1975	1976-2000	2001-2015
	Критическое значение корреляции Пирсона на 5% уровне значимости	***0.12***	***0.13***	***0.29***	***0.23***	***0.27***	***0.35***
Верхнее течение Волги	год	-0.3	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	0.2
	зима	-0.3	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	-0.1
	декабрь	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	0.0	-0.2
	январь	-0.2	-0.1	-0.2	0.1	-0.3	**0.5**
	февраль	-0.2	-0.1	0.1	-0.2	0.0	-0.3
	весна	-0.3	-0.2	-0.4	-0.1	0.1	-0.4
	март	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	**-0.8**
	апрель	-0.1	-0.1	-0.3	-0.2	0.3	0.1
	май	-0.2	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	0.2
	лето	-0.1	-0.1	**-0.5**	-0.2	0.2	0.2
	июнь	-0.1	-0.1	-0.3	-0.2	0.1	-0.2
	июль	0.0	0.0	-0.3	-0.2	0.4	0.4
	август	-0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	0.3
	осень	-0.2	-0.3	**-0.6**	-0.3	-0.2	-0.3
	сентябрь	-0.1	-0.2	-0.1	-0.3	-0.3	-0.1
	октябрь	-0.3	-0.3	-0.1	**-0.5**	-0.4	-0.2
	ноябрь	-0.2	-0.2	**-0.5**	-0.1	-0.1	**-0.5**
Среднее течение Волги	год	-0.3	-0.2	**-0.5**	-0.4	-0.3	0.1
	зима	-0.3	-0.2	0.0	-0.2	-0.2	-0.2
	декабрь	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	**-0.5**	-0.2
	январь	-0.3	-0.2	0.0	0.0	**-0.5**	0.2
	февраль	-0.4	-0.3	0.3	**-0.5**	-0.1	-0.1
	весна	-0.2	-0.2	-0.4	-0.2	0.1	-0.3
	март	-0.3	-0.3	-0.1	-0.2	-0.1	**-0.8**
	апрель	-0.3	-0.3	**-0.6**	-0.3	-0.3	0.1
	май	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3
	лето	-0.1	-0.2	**-0.5**	-0.3	0.0	0.2
	июнь	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.1	-0.4
	июль	-0.1	-0.2	**-0.7**	-0.2	0.0	0.1
	август	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	0.0	0.2
	осень	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5
	сентябрь	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.1
	октябрь	**-0.5**	**-0.5**	-0.2	**-0.5**	**-0.6**	**-0.7**
	ноябрь	-0.4	-0.4	**-0.6**	-0.4	-0.4	**-0.7**
Нижнее течение Волги	год	-0.2	-0.3	-0.6	-0.4	0.0	-0.2
	зима	-0.4	-0.4	-0.2	-0.3	**-0.5**	**-0.6**
	декабрь	**-0.5**	**-0.5**	**-0.7**	**-0.5**	**-0.5**	-0.4
	январь	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.3	0.0
	февраль	-0.4	-0.3	0.1	-0.3	-0.4	**-0.6**
	весна	-0.2	-0.2	-0.4	-0.3	0.1	-0.4
	март	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	**-0.7**
	апрель	-0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.3	0.2
	май	-0.1	-0.2	-0.4	-0.2	0.1	-0.3
	лето	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	0.2	0.4
	июнь	0.0	-0.1	-0.3	-0.2	0.1	-0.2
	июль	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.2	**0.5**
	август	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.2	-0.1
	осень	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.2
	сентябрь	-0.1	-0.1	-0.3	-0.3	0.0	0.2
	октябрь	-0.3	-0.3	-0.1	-0.4	-0.4	-0.2
	ноябрь	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.4	**-0.5**

Примечание. Цветом выделены корреляции по модулю не менее 0.3. Жирным выделены значения, где корреляционная связь заметная (|**R**|>0.5). Отдельной строкой приведены критические значения корреляции Пирсона на 5% уровне значимости.

Как видно из таблицы, за весь период наблюдений (1886-2015 гг.) в среднем за год, во все сезоны и во все месяцы отмечаются только отрицательные коэффициенты корреляции аномалий сумм осадков в бассейне Волги с анома-

лиями температуры на Европейском побережье Российской Арктики. В верхнем течении в среднем за год и за сезон зимы коэффициент корреляции составляет -0.3, столько же в декабре. В январе и феврале он по модулю меньше. В среднем за весну он также составляет -0.3, но в марте он равен -0.4. Летом и осенью коэффициенты корреляции низкие, только в октябре -0.3. В среднем течении в среднем за год и зимой коэффициент корреляции составляет также -0.3, но в декабре и феврале он равен -0.4. Весной во все месяцы коэффициент корреляции составляет -0.3. Летом, как и в верхнем течении, коэффициенты корреляции низкие, а осенью при среднем коэффициенте корреляции -0.3 в октябре он составляет -0.5, а в ноябре -0.4. В нижнем течении коэффициент корреляции в среднем за зиму и в феврале составляет -0.4, а в декабре -0.5. Весной, летом и осенью коэффициенты корреляции низкие, только в марте и ноябре -0.4 и в октябре -0.3.

В разгар первого потепления (1920-1940 гг.) коэффициент корреляции аномалий сумм осадков в верхнем течении Волги с аномалиями температуры на Европейском побережье Российской Арктики составляет в среднем за год -0.4, что по модулю больше, чем за весь период наблюдений. Зимой он наиболее низкий (-0.2), ниже, чем за весь период наблюдений, весной (-0.4) больше, летом (-0.5) и осенью (-0.6) существенно больше, чем в среднем за весь период наблюдений. Следовательно, наиболее тесная связь осадков в верхнем течении Волги с аномалиями температуры на арктическом побережье проявляется летом и осенью, а не зимой. В среднем течении среднегодовой коэффициент корреляции составил -0.5, что по модулю больше среднего за весь период наблюдений. Зимой связь оказалась ещё менее тесной, чем в верхнем течении и чем в среднем за весь период наблюдений, коэффициент корреляции составил 0,0. Отрицателен он только в декабре (-0.5), а в феврале положителен (0.3). Весной он (-0.4) больше, чем в среднем за весь период наблюдений, и равен коэффициенту корреляции в верхнем течении. Наиболее тесная отрицательная связь отмечается в апреле, коэффициент корреляции составил -0.6. Летом коэффициент корреляции равен среднегодовому (-0.5) и существенно превосходит по модулю значение коэффициента корреляции за весь период наблюдений. Особенно тесная связь (-0.7) отмечается в июле. Осенью коэффициент корреляции (-0.4) оказывается больше по модулю, чем среднемноголетний, но отстаёт от аналогичного по верхнему течению. Только в ноябре (-0.6) связь оказывается более тесной, чем в верхнем течении и чем в среднем многолетнем. В нижнем течении в среднем за год коэффициент корреляции оказывается самым большим по модулю (-0.6), по сравнению с другими регионами, и в 3 раза превосходит средний за весь период наблюдений. Зимой (-0.2) он вдвое уступает среднему многолетнему, только в декабре (-0.7) он оказывается самым большим по модулю среди всех регионов. Весной коэффициент корреляции составил -0.4 и был таким во все месяцы, кроме апреля. В среднем за лето и в июне, как и в среднем за осень и в сентябре, он составлял -0.3.

Период второго потепления распадается, как уже отмечалось, на два. В период роста продолжительности южных циклонов (1981-1997 гг.) коэффициент корреляции аномалий сумм осадков в верхнем течении Волги с аномали-

ями температуры на Европейском побережье Российской Арктики составляет в среднем за год -0.2, что меньше по модулю, чем в среднем за весь период наблюдений и чем за период первого потепления. Во втором периоде современного потепления в верхнем течении в целом за год коэффициент корреляции положителен (0.2). В среднем за зиму коэффициенты корреляции составляют соответственно 0.0 и -0.1. Значения -0.3 они достигают в январе конца XX в. и феврале XXI в. В январе в XXI в. коэффициент корреляции положителен (0.5). Весной в первый период современного потепления коэффициент корреляции аномалий сумм осадков в верхнем течении Волги с аномалиями температуры на Европейском побережье Российской Арктики положителен и составляет 0.1, а в апреле в среднем 0.3. Во втором периоде средний за весну коэффициент корреляции составляет -0.4, а в марте даже -0.8. Летом коэффициенты корреляции преимущественно положительны и составляют в целом за сезон в оба периода 0.2, а в июле в оба периода 0.4. Осенью коэффициенты корреляции в оба периода во все месяцы отрицательны. В первом периоде в среднем за сезон коэффициент корреляции составляет -0.2, в сентябре -0.3, в октябре -0.4; во втором периоде в среднем за сезон -0.3, в ноябре -0.5. В среднем течении в среднем за год коэффициент корреляции составил в первом периоде -0.3, а во втором 0.1. Зимой в оба периода коэффициент корреляции составил -0.2. В первом периоде в декабре и январе он составлял -0.5, а во втором оставался -0.2 – -0.1, а в январе был даже положителен (0.2). Весной, напротив, отрицательные коэффициенты корреляции больше по модулю в XXI веке: в среднем за сезон и в мае -0.3, а в марте -0.8. Летом коэффициенты корреляции небольшие, только в июне в XXI веке -0.4. Осенью все сезонные и месячные коэффициенты корреляции отрицательны. В среднем за сезон коэффициенты корреляции составляют -0.4 в конце XX века и -0.5 в XXI веке, наибольшие по модулю приходятся на октябрь в конце XX века (-0.6) и на октябрь и ноябрь в XXI веке (-0.7). В нижнем течении коэффициент корреляции в среднем за год составляет в конце XX века 0.0, в XXI в. -0.2. В среднем за зиму в конце XX в. он составляет -0.5, а в XXI веке -0.6. Коэффициенты корреляции отрицательны во все месяцы. Наибольшими по модулю они оказались в декабре в конце XX в. (-0.5) и в феврале в XXI в. (-0.6). Весной средний за сезон коэффициент корреляции составил 0.1 в конце XX века и -0.4 в XXI веке. Наибольшие отрицательные коэффициенты корреляции в XX в. -0.3 в марте и апреле, в XXI веке -0.7 в марте и -0.3 в мае. Летом преобладают положительные корреляции. В среднем за сезон в XX веке 0.2, в XXI веке 0.4. Наибольшая отмечалась в июле в XXI в. (0.5). Осенью в среднем за сезон коэффициенты корреляции составляют -0.1 в конце XX в. и -0.2 в XXI в.; наибольшие равны -0.4 в октябре и ноябре XX в. и -0.5 в XXI в.

Вышеизложенное хорошо подтверждается пространственным распределением коэффициентов линейного тренда аномалии температуры и осадков за разные периоды (рис. 12).

В разгар первого потепления (1920-1940 гг.) рост температуры на севере Европы (север Скандинавии и Кольский п-ов) сопровождался убыванием осадков на большей части европейской России (кроме юга).

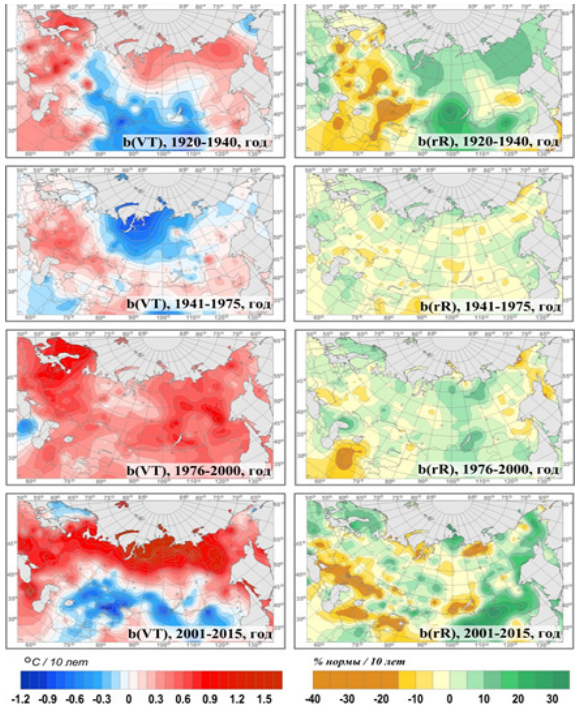

Рисунок 12. Распределение локальных коэффициентов линейного тренда годовых аномалий температуры и осадков (% нормы /10 лет)

В период второго потепления (2001-2015 гг.) рост температуры на севере (кроме Скандинавского п-ова) сопровождался убыванием осадков в центре и на юге европейской части России (в том числе в нижнем и среднем течении Волги).

Заключение

Таким образом, в течение всего периода 1886-2015 гг. коэффициенты корреляции аномалий годовых сумм осадков с аномалиями среднегодовой температуры на Европейском побережье Российской Арктики преимущественно отрицательны и превосходят по модулю порог значимости. В разгар первого потепления наибольший по модулю отрицательный коэффициент корреляции аномалий годовых сумм осадков с аномалиями среднегодовой температуры на Европейском побережье Российской Арктики приходится на нижнее течение Волги и составляет -0.6. Наибольший сезонный коэффициент корреляции приходится на осень в верхнем течении Волги и составляет -0.6. Наибольший среднемесячный коэффициент корреляции приходится на декабрь в нижнем течении Волги и составляет -0.7. Отрицательные коэффициенты корреляции по модулю >0.3 отмечаются в верхнем течении осенью и летом, в среднем течении весной и осенью, в нижнем во все сезоны, кроме зимы.

В период современного потепления наибольший по модулю отрицательный коэффициент корреляции аномалий годовых сумм осадков с аномалиями среднегодовой температуры на Европейском побережье Российской Арктики приходится на среднее течение Волги на конец XX в. и составляет -0.3. Наи-

больший сезонный коэффициент корреляции приходится на зиму в XXI в. в нижнем течении Волги и составляет -0.6. Наибольший среднемесячный коэффициент корреляции приходится на март в XXI в. в верхнем и среднем течении Волги и составляет -0.8. Отрицательные коэффициенты корреляции по модулю >0.3 отмечаются во все сезоны, кроме лета в верхнем и нижнем течении.

Положение, высказанное Л.С. Бергом в отношении первого потепления Арктики, оказывается справедливым и в отношении второго. Следует заметить, что в период первого потепления Арктики (1920-1940 гг.) наибольшее влияние на связь температуры в Арктике с осадками в бассейне Волги оказывает ноябрь, декабрь (в среднем и нижнем течении). В потеплении в XXI в. также наибольшее влияние оказывает ноябрь, а кроме этого март, октябрь (в среднем течении), февраль (в нижнем течении).

Список литературы

База климатических данных ИГКЭ. Режим доступа: http://www.climatechange.su

Берг Л.С. 1947. Уровень Каспийского моря и условия плавания в Арктике. – Климат и жизнь, - ОГИЗ, М., с. 90-95.

Дзердзеевский Б.Л. 1968. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии.– В кн.: Материалы метеорологических исследований – Изд. ИГ АН СССР и Междувед. Геофиз. Комитета при Президиуме АН СССР, М., 240 с.

Дзердзеевский Б.Л. 1970. Сопоставление характеристик атмосферной циркуляции над Северным полушарием и его секторами. – В кн.: Материалы метеорологических исследований. – Изд. ИГ АН СССР и Междувед. Геофиз. Комитета при Президиуме АН СССР. М., с. 7–14.

Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. 1946. Типизация циркуляционных механизмов в Северном полушарии и характеристика синоптических сезонов. – В сб.: Тр. науч.-исслед. учрежд. Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2, Синоптическая метеорология; вып. 21: Центральный институт прогнозов.– М., Л., Гидрометиздат. 80 с.

Карпычев Ю.А. 1989. Изменение уровня Каспийского моря в голоцене по радиоуглеродным данным. – Водные ресурсы, № 1, с. 5-20.

Клиге Р.К. 1997. Последствия изменения климата в регионе Каспийского моря. Региональный обзорный доклад. – ЮНЕП, Женева, 125 с.

Клиге Р.К. 2000. Глобальные изменения в гидросфере. – В кн.: Глобальные изменения природной среды (климат и водный режим). – М., Научный мир, с. 171-182.

Колебания циркуляции атмосферы северного полушария в XX – начале XXI века. (www.atmospheric-circulation.ru)

Кононова Н.К. 2015. Изменения циркуляции атмосферы Северного полушария в XX-XXI столетиях и их последствия для климата. – Фундаментальная и прикладная климатология, № 1, с. 127-156.

Новости погоды (http://www.meteonovosti.ru/).

References

Baza klimaticheskikh dannykh IGKE. Rezhim dostupa [Base climate data IGCE. Access mode]: http://www.climatechange.su

Berg L.S. 1947. Uroven' Kaspiiskogo moria i usloviia plavaniia v Arktike [The level of the Caspian sea and sailing conditions in the Arctic]. *Klimat i zhizn' – Climate and life*, Moscow, OGIZ Publ., pp. 90-95.

Dzerdzeevskii B.L. 1968. Tsirkuliatsionnye mekhanizmy v atmosfere severnogo polushariia v KhKh stoletii. – V kn.*: Materialy meteorologicheskikh issledovanii* [Circulation mechanisms in the atmosphere of the Northern hemisphere in the twentieth century. In the book: Materials of meteorological research]. Moscow, IG AN SSSR i Mezhduved. Geofiz. Komiteta pri Prezidiume AN SSSR Publ., 240 p.

Dzerdzeevskii B.L. 1970. Sopostavlenie kharakteristik atmosfernoi tsirkuliatsii nad Severnym polushariem i ego sektorami. – V kn.*: Materialy meteorologicheskikh issledovanii*. [Comparison of the characteristics of atmospheric circulation over the Northern hemisphere and it sectors. In the book: Materials meteorological research]. Moscow, Moscow, IG AN SSSR i Mezhduved. Geofiz. Komiteta pri Prezidiume AN SSSR Publ., pp. 7–14.

Dzerdzeevskii B.L., Kurganskaia V.M., Vitvitskaia Z.M. 1946. Tipizatsiia tsirkuliatsionnykh mekhanizmov v Severnom polusharii i kharakteristika sinopticheskikh sezonov. – V sb.: *Tr. nauch.-issled. uchrezhd. Gl. upr. gidrometeorol. sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR. Ser. 2, Sinopticheskaia meteorologiia; vyp. 21: Tsentral'nyi institut prognozov* [Typing of circulating mechanisms in Northern hemisphere and characteristic of SYNOPTIC seasons. Tr. scientific.-issled. WO. GL. UPR. hydrometeorol. service under the Council of Ministers of the USSR. Ser. 2, SYNOPTIC meteorology; vol. 21: the Central Institute of forecasts]. Moscow, Leningrad, Gidrometizdat Publ., 80 p.

Karpychev Iu.A. 1989. Izmenenie urovnia Kaspiiskogo moria v golotsene *po* radiouglerodnym dannym [The change of the Caspian sea level in the Holocene according to radiocarbon data]. *Vodnye resursy – Water resources*, no 1, pp. 5-20.

Klige R.K. 1997. *Posledstviia izmeneniia klimata v regione Kaspiiskogo moria. Regional'nyi obzornyi doklad*. [The consequences of climate change in the Caspian sea region. A regional overview]. Zheneva, IuNEP Publ., 125 p.

Klige R.K. 2000. Global'nye izmeneniia v gidrosfere. – V kn.: *Global'nye izmeneniiaprirodnoi sredy (klimat i vodnyi rezhim)* [Global changes in the hydrosphere. In the book: Global changes in the natural environment (climate and water regime)]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., pp. 171-182.

Kolebaniia tsirkuliatsii atmosfery severnogo polushariia v KhKh – nachale XXI veka [Fluctuations of atmospheric circulation in the Northern hemisphere in XX – the beginning XXI century]. (www.atmospheric-circulation.ru)

Kononova N.K. 2015. Izmeneniia tsirkuliatsii atmosfery Severnogo polushariia v KhKh-XXI stoletiiakh i ikh posledstviia dlia klimata[Changes of the atmospheric circulation of the Northern hemisphere in the XX-XXI centuries and their implications for climate]. *Fundamental and applied climatology – Fundamental and applied climatology,* no 1, pp. 127-156.

Novosti pogody [Weather news] (http://www.meteonovosti.ru/).

Статья поступила в редакцию:25.03.2017 *После переработки: 17.04.2017*