

МЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.5 (571)

DOI: 10.17072/2079-7877-2020-2-100-110

**ВЛИЯНИЕ МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫХ УСЛОВИЙ
НА АТМОСФЕРНОЕ УВЛАЖНЕНИЕ ЮГА И ЮГО-ВОСТОКА
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ****Ольга Сергеевна Литвинова**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3225-5465>, SCOPUS ID: 36545095400,

ResearcherID: F-3905-2018

e-mail: olg.litwino2011@yandex.ru*Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск*

Формирование разной интенсивности засушливых и избыточно увлажненных условий обусловлено атмосферной циркуляцией Северного полушария во взаимодействии с подстилающей поверхностью. Важными элементами определенных типов макропроцессов на больших пространствах являются индексы Североатлантического (NAO), Арктического (АО), Восточно-Атлантического (EA) и Скандинавского колебаний (SCAND). Повышение средней месячной температуры воздуха, увеличение повторяемости положительной фазы индекса EA и отрицательной фазы SCAND в августе позволили выявить рост засушливых условий увлажнения в 1950–2017 гг. Целью данной работы является определение влияния макроциркуляционных условий на формирование засух и избыточного увлажнения различной степени интенсивности на юге и юго-востоке Западной Сибири. Полученные уравнения множественной регрессии объясняют влияние индексов циркуляции в осенне-зимние и весенне-летние сезоны на формирование аномально увлажненных условий в отдельные месяцы теплого периода, особенно в июне и августе. Наиболее тесные связи выявлены между засухами и отрицательными циркуляционными индексами NAO, АО, EA; избыточным увлажнением и положительными индексами NAO, АО, EA, отрицательным индексом SCAND.

Ключевые слова: избыточное атмосферное увлажнение, засуха, циркуляционные индексы, Западная Сибирь.

**THE INFLUENCE OF MACROCIRCULAR CONDITIONS
ON ATMOSPHERIC HUMIDIFICATION IN THE SOUTH AND SOUTH-EAST
OF WESTERN SIBERIA****Olga S. Litvinova**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3225-5465>, SCOPUS ID: 36545095400, ResearcherID:

F-3905-2018

e-mail: olg.litwino2011@yandex.ru*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk*

The peculiarities of arid and excessively humid conditions of different intensity have been caused in the Northern hemisphere by atmospheric circulation in its interaction with the underlying surface. The North Atlantic (NAO), Arctic (AO), East Atlantic (EA) and Scandinavian (SCAND) oscillation indices are important elements of macro processes over large areas. Over the period of 1950–2017, there was revealed a rise of average monthly temperature during a positive phase in EA and a

*Метеорология
Литвинова О.С.*

negative phase in SCAND in August, and consequently the growth of arid and moisture conditions. This paper aims to determine the influence of macrocircular conditions on the formation of droughts and excessive moisture of varying intensity in the south and south-east of Western Siberia. In the autumn-winter and spring-summer seasons, the influence of circulation indices on the formation of abnormally humid conditions in some months of the warm period, especially June and August, was elicited by the multiple regression equations. The closest links were found between droughts and the negative circulation indices of NAO, AO, and EA; between excess moisture and positive indices of NAO, AO, EA, negative index of SCAND.

Key words: excessive atmospheric moisture, drought, circulation indices, Western Siberia.

Введение

Глобальные и региональные изменения климата сопровождаются увеличением повторяемости засух и аномально влажных периодов [3]. Начиная с середины 1970-х гг. средняя температура приземного воздуха на территории Российской Федерации повышается со средней скоростью 0,43°C/10 лет, в Западной Сибири – на 0,33°C/10.

Изменчивость средних и аномальных величин температуры воздуха и атмосферных осадков в теплом периоде связана с особенностями атмосферной циркуляции над Северным полушарием – расположением барических центров над Евразией, Северной Атлантикой и Северно-Ледовитым океаном и влиянием местных особенностей подстилающей поверхности. Влияние подстилающей поверхности становится многообразнее вследствие изменения условий поглощения и отражения радиационного тепла, условий иссушения и увлажнения, развития турбулентности и вертикальных потоков в приземном слое. Исследования, посвященные влиянию атмосферной циркуляции на колебание температуры воздуха в холодном периоде, проводились В.Н. Крыжовым [6; 7], В.В. Поповой, А.Б. Шмакиным [12], Д.А. Гурьяновым [5], И.А. Куликовой и др. [8]. В работе [9] показано, что наиболее тесные связи наблюдаются между положительными циркуляционными индексами NAO, AO, EA, отрицательным индексом SCAND и экстремально теплыми фазами зимы и отрицательными индексами NAO, AO, EA, положительным индексом SCAND и экстремально холодными фазами зимы.

В теплом периоде засушливые условия исследуемой территории формируются при перемещении ядер азорского происхождения, выносе сухого континентального воздуха из районов Казахстана, Средней Азии, Тывы. Длительное нахождение обширного малоподвижного антициклона над Западной Сибирью является причиной формирования засух различной степени интенсивности. Блокирующие процессы, существовавшие в течение двух месяцев на европейской территории России в 1972 и 2010 гг. и в Западной Сибири в 2012 г., привели к формированию сильных атмосферных засух [1]. Длительные дождливые периоды отмечаются при углублении циклонов и превращении их в высокие и малоподвижные образования.

Для количественной оценки интенсивности атмосферной циркуляции вводятся количественные индексы, отражающие усиление/блокировку зонального переноса. Временные ряды таких индексов служат основой для установления статистических связей между циркуляцией и различными метеорологическими величинами. В работе [14] установлено, что существенный вклад в формирование аномалий летней температуры воздуха вносят индексы атмосферной циркуляции SCAND и EAWR при отрицательных фазах, что обуславливает рост процессов, блокирующих зональный перенос. В.П. Горбатенко и др. [4] отмечают, что над Западной Сибирью, в период 1976–2012 гг., преобладали циклоны, которые смещались из северных районов Сибири и Кольского полуострова.

Данная работа является продолжением исследования [10], в котором выявлено, что атмосферные засухи средней и сильной степени интенсивности формируются при развитии

Метеорология
Литвинова О.С.

атмосферных процессов западной и меридиональной форм циркуляции (по Г.Я. Вангенгейму – А.А. Гирсу). В ней анализируется влияние циркуляционных индексов, усиливающих зональный перенос Североатлантического (NAO), Арктического (АО), Восточно-Атлантического (EA) колебаний и блокирующего его Скандинавского колебания (SCAND), на атмосферное увлажнение по месяцам.

Материалы и методы исследования

Исследование охватывает территорию Томской, Омской, Новосибирской, юга Тюменской областей и Алтайского края. Для статистических оценок использованы многолетние данные средних месячных значений температуры воздуха и атмосферных осадков [2] по 6 метеостанциям: Ишим, Омск, Барабинск, Томск, Славгород и Бийск, а также циркуляционных индексов [15] за период 1950–2017 гг. Индексы регулярно рассчитываются по данным о геопотенциале H_{700} , H_{500} или приземном давлении (на основе базового периода 1981–2010 гг.). Измерения проводятся в Центре прогнозов климата Национального управления по исследованию океана и атмосферы США (NOAA). Их названия отражают географическое расположение областей связанных колебаний атмосферной циркуляции.

Различная степень интенсивности засушливых и избыточно увлажненных условий определялась с помощью индекса атмосферного увлажнения Д.А. Педа [13]:

- $S_i > 3,1$ – сильная засуха,
- $2,1 < S_i \leq 3,0$ – засуха средней степени;
- $1,1 < S_i \leq 2,0$ – засуха слабой степени;
- $-1,0 < S_i \leq 1,0$ – нормальное увлажнение;
- $-2,0 < S_i < -1,1$ – слабое переувлажнение;
- $-3,0 < S_i < -2,1$ – переувлажнение средней степени,
- $S_i < -3,1$ – сильное переувлажнение.

На основе анализа линейных трендов определялась общая тенденция изменения температуры воздуха, атмосферных осадков и циркуляционных индексов за май – сентябрь.

Для определения влияния макроциркуляционных процессов на формирование засух и избыточного увлажнения различной степени интенсивности применялся регрессионный метод.

Результаты и их обсуждение

Тенденция изменения среднемесячной температуры воздуха в мае-сентябре за исследуемый период 1950–2017 гг. характеризуется положительным трендом в августе на всей рассматриваемой территории (за исключением северных районов). Температура воздуха в августе увеличилась на $1,34^\circ\text{C}$ (табл. 1). На севере региона (Томск) не выявлено статистически значимого увеличения температуры воздуха. В более продолжительный период 1936–2017 гг. отмечается рост температуры воздуха на всей территории в мае, июне, августе на $0,82 \dots 2,46^\circ\text{C}$ (за исключением юго-восточных районов). На юго-востоке исследуемой территории (Бийск) характерно повышение температуры воздуха в течение всего теплого периода. В период 1970–2017 гг., который характеризуется значительной изменчивостью глобального и регионального климата, наибольшее повышение температуры воздуха в исследуемом регионе отмечается в мае ($+1,9 \dots +2,4^\circ\text{C}$) и августе ($+1,4 \dots +2,4^\circ\text{C}$).

Атмосферные осадки за период 1950–2017 гг. в мае–сентябре характеризуются статистически незначимыми тенденциями повышения и понижения.

Тенденция изменения циркуляционных индексов за период 1950–2017 гг. в мае-сентябре характеризуется как положительным, так и отрицательным трендом. В мае, июле–сентябре отмечается увеличение повторяемости положительной фазы индекса EA (наибольший рост выявлен в июле и августе; $r=0,51 \dots 0,53$ и $tr=4,84 \dots 5,13$ соответственно); в июне и августе –

Метеорология
Литвинова О.С.

отрицательной фазы индекса SCAND ($r=0,31...0,27$ и $tr=-2,63...-2,29$ соответственно). В остальных случаях процессы роста и падения макроциркуляционных индексов являются статистически незначимыми. В холодном периоде, в более ранней работе [9], отмечается увеличение повторяемости положительных фаз в ноябре – АО, в январе–марте – НАО и в ноябре–январе – ЕА.

Таким образом, выявленный рост температуры воздуха в августе за 1950–2017 гг. на исследуемой территории отмечался при увеличении повторяемости в этом месяце положительной фазы ЕА и отрицательной фазы индекса SCAND, что будет способствовать увеличению повторяемости засух различной степени интенсивности.

Таблица 1

Характеристика многолетней динамики температуры воздуха теплого периода за 1936–2017, 1970–2017 и 1950–2017 гг.
Long-term air temperature dynamics in the warm period for 1936–2017, 1970–2017 and 1950–2017

Метеостанция	Месяц	t_{cp}	Период, гг.					
			1936–2017		1970–2017		1950–2017	
			a/r	t_r	a/r	t_r	a/r	t_r
Томск	V	9,5	0,02/0,26	2,37	0,05/0,33	2,35	0,02/0,22	1,79
	VI	15,9	0,02/0,27	2,52	0,03/0,23	1,61	0,02/0,22	1,81
	VII	18,6	0,01/0,15	1,35	0,02/0,21	1,44	-0,001/0,02	-0,15
	VIII	15,3	0,01/0,29	2,73	0,02/0,27	1,90	0,01/0,20	1,63
	IX	9,2	-0,004/0,06	-0,52	0,001/0,01	0,01	-0,01/0,02	-1,06
Ишим	V	11,6	0,02/0,29	2,70	0,05/0,36	2,62	0,02/0,17	1,41
	VI	17,1	0,02/0,31	2,94	0,03/0,25	1,74	0,03/0,28	2,40
	VII	18,8	0,01/0,18	1,67	0,01/0,05	0,35	-0,01/0,07	-0,58
	VIII	15,7	0,02/0,26	2,41	0,05/0,39	2,84	0,02/0,30	2,52
	IX	10,1	0,002/0,03	0,25	0,01/0,10	0,66	-0,001/0,02	-0,15
Омск	V	12,2	0,03/0,30	3,03	0,05/0,34	2,45	0,02/0,21	1,78
	VI	17,8	0,02/0,33	3,10	0,02/0,16	1,10	0,02/0,24	1,97
	VII	19,4	0,01/0,14	1,32	0,001/0,05	0,31	-0,004/0,04	-0,35
	VIII	16,4	0,02/0,33	3,11	0,04/0,34	2,48	0,02/0,31	2,67
	IX	10,7	0,001/0,01	0,003	0,001/0,05	0,35	-0,001/0,09	-0,77
Барабинск	V	11,1	0,03/0,31	2,86	0,05/0,36	2,65	0,02/0,23	1,90
	VI	17,0	0,02/0,24	2,23	0,02/0,15	1,06	0,02/0,21	1,74
	VII	19,1	0,01/0,15	1,40	0,01/0,09	0,64	-0,005/0,06	-0,52
	VIII	15,9	0,02/0,33	3,10	0,03/0,31	2,25	0,02/0,28	2,37
	IX	9,9	0,002/0,04	0,33	0,004/	0,25	-0,003/0,04	-0,29
Бийск	V	12,2	0,03/0,32	3,01	0,04/0,28	2,02	0,02/0,22	1,82
	VI	17,7	0,02/0,30	2,77	0,02/0,17	1,18	0,02/0,24	2,00
	VII	19,7	0,01/0,25	2,33	0,02/0,24	1,69	0,009/0,13	1,09
	VIII	17,0	0,02/0,40	3,90	0,03/0,34	2,46	0,02/0,34	2,90
	IX	11,0	0,02/0,26	2,38	0,01/0,11	0,73	0,006/0,09	0,74
Славгород	V	13,4	0,02/0,24	2,23	0,04/0,30	2,13	0,01/0,13	1,10
	VI	19,4	0,02/0,23	2,16	0,01/0,09	0,61	0,01/0,16	1,28
	VII	21,1	0,004/0,06	0,51	0,01/0,08	0,58	-0,01/0,09	-0,75
	VIII	18,2	0,02/0,37	2,96	0,04/0,40	2,99	0,02/0,34	2,99
	IX	12,1	0,01/0,13	1,19	0,004/0,04	0,28	0,0003/0,01	0,03

Примечание: t_{cp} – средняя температура воздуха за период 1950–2017 гг., °С; a – коэффициент линейного тренда, °/год; r – коэффициент корреляции тренда; tr -критерий Стьюдента; статистически значимые коэффициенты тренда выделены жирным шрифтом (при уровне значимости $p \leq 0,05$)

Условия тепло- и влагообеспеченности в теплый период года проанализированы с помощью крупномасштабного индекса увлажнения S_i , учитывающего разницу аномалий температуры воздуха и атмосферных осадков и их среднеквадратические отклонения [13].

Метеорология
Литвинова О.С.

Следует отметить, что значения индекса S_i обусловлены влиянием подстилающей поверхности и особенностями циркуляции атмосферы. Повторяемость атмосферного увлажнения S_i разных градаций представлена на рис. 1.

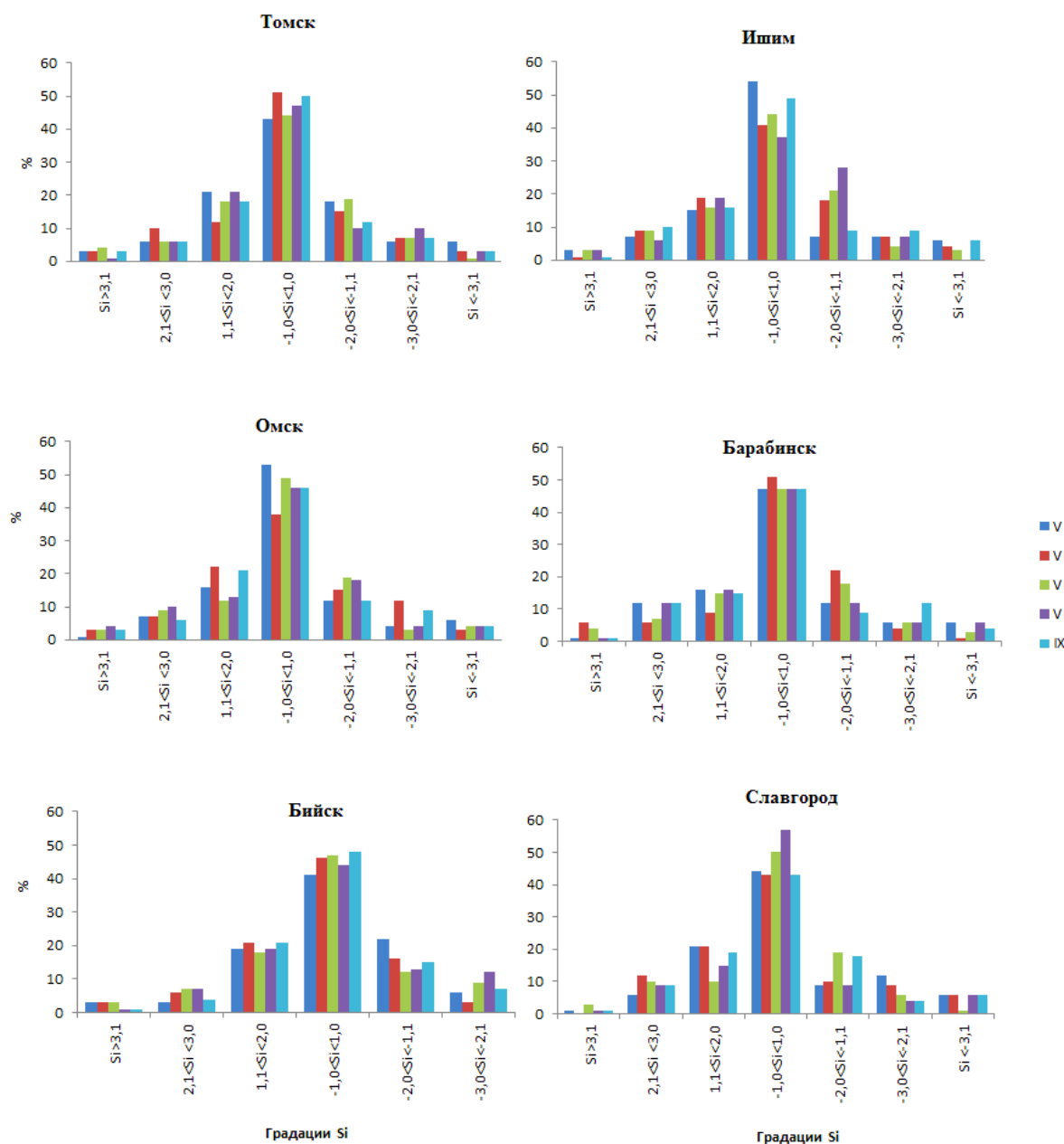


Рис. 1. Повторяемость засушливых и избыточно увлажнённых условий на юге и юго-востоке Западной Сибири за 1950–2017 гг., %

Fig. 1. The frequency of occurrence of dry and waterlogged conditions (%) in the south and south-east of Western Siberia in 1950–2017, %

Нормальное увлажнение наблюдалось в 37–50% случаев. В мае на исследуемой территории (за исключением юго-востока) чаще отмечалась засуха слабой степени (15–21% случаев), на юго-востоке (Бийск) – слабое переувлажнение (22% случаев). Последнее чаще формировалось в июне–июле – в Томске и Барабинске, в июле–августе – в Ишиме и Омске, в июле – в Славгороде. В Бийске в июне–сентябре чаще отмечалась засуха слабой степени.

Метеорология
Литвинова О.С.

Засухи средней степени в 10–12% случаев наблюдались в мае – в Барабинске, июне – в Томске и Славгороде, июле – в Славгороде, августе – в Омске и Барабинске, сентябре – в Ишиме и Барабинске. Переувлажнение средней степени в 10–12% случаев характерно для Славгорода – в мае, Томска и Бийска – в августе и Барабинска – в сентябре. На долю сильных засух и сильного переувлажнения приходится не более 6% случаев.

Аномальные условия увлажнения, охватившие почти 75% территории, отмечались в течение трех–пяти месяцев – в 1965, 1997, 1998, 1999, 2001, 2003, 2012 гг. (засухи); в 1960 и 1972 гг. (избыточное увлажнение).

Анализ макроциркуляционных процессов. Значимые коэффициенты корреляции между засушливыми и избыточными условиями и циркуляционными индексами выявлены лишь в отдельные месяцы теплого периода, тем не менее их вклад в климатический режим, который является существенным и может быть использован в прогностических целях.

Наиболее тесные связи выявлены между засухами и отрицательными циркуляционными индексами NAO, AO, EA, положительным индексом SCAND (табл. 2) и избыточным увлажнением и положительными индексами NAO, AO, EA, отрицательным индексом SCAND (табл. 3).

Таблица 2

Значимые коэффициенты множественной корреляции между засушливыми условиями разной интенсивности и циркуляционными индексами
Significant multiple correlation coefficients between dry conditions of different intensity and circulation indices

Месяц	n	Вид зависимости	R	t-критерий Стьюдента
Томск				
VI	16	$Si_{VI}=0,28NAO_{XII}+2,16$ $Si_{VI}=-0,32SCAND_{IV}+2,15$	0,54 0,51	2,42 -2,25
VII	19	$Si_{VII}=-0,23AO_{IX}+0,39EA_{IX}+2,22$ $Si_{VII}=0,47SCAND_{I}+1,90$	0,63 0,52	-2,60; 2,37 2,54
VIII	19	$Si_{VIII}=-0,34EA_{X}+1,67$ $Si_{VIII}=-0,50NAO_{XII}+0,39AO_{XII}+1,85$	0,54 0,61	-2,63 2,15
IX	18	$Si_{IX}=0,38EA_{II}+1,91$	0,57	2,77
Ишим				
VII	19	$Si_{VII}=-0,48SCAND_{V}+1,92$	0,59	-2,99
VIII	19	$Si_{VIII}=-0,57AO_{II}+1,98$ $Si_{VIII}=0,46EA_{III}+2,07$ $Si_{VIII}=-0,73SCAND_{VI}+2,20$ $Si_{VIII}=-0,53NAO_{VII}+1,32AO_{VII}+2,09$	0,61 0,58 0,64 0,56	-2,78 2,96 -3,48 -2,04; 2,43
IX	18	$Si_{IX}=-0,40EA_{XI}+1,84$	0,48	-2,22
Барабинск				
V	20	$Si_{V}=-0,30NAO_{IX}+1,82$ $Si_{V}=-0,25SCAND_{X}+0,31EA_{X}+2,01$ $Si_{V}=-0,59AO_{XII}+1,65$	0,48 0,60 0,67	-2,35 -2,03; 2,40 -3,87
VI	14	$Si_{VI}=-0,48EA_{XII}+2,38$ $Si_{VI}=-0,38EA_{II}+2,23$ $Si_{VI}=-0,48EA_{III}+2,38$	0,54 0,59 0,64	-2,25 -2,56 -2,91
VII	18	$Si_{VII}=0,72SCAND_{I}+1,88$	0,55	2,62
VIII	20	$Si_{VIII}=-0,40SCAND_{VII}+2,00$	0,48	2,22
IX	19	$Si_{IX}=0,24NAO_{XII}+2,05$ $Si_{IX}=-0,27EA_{III}+1,96$ $Si_{IX}=0,32NAO_{IV}-0,64AO_{IV}+2,00$ $Si_{IX}=-0,29EA_{VII}+2,10$	0,47 0,50 0,65 0,48	2,17 -2,40 2,12; -3,42 -2,23
Омск				
V	17	$Si_{V}=0,26EA_{I}+1,96$ $Si_{V}=0,35NAO_{II}-0,27AO_{II}+1,90$ $Si_{V}=0,42NAO_{III}-0,45AO_{III}+0,23EA_{III}+1,95$	0,54 0,54 0,70	2,46 2,28; -2,09 2,52; -3,30; 2,49

Метеорология
Литвинова О.С.

Окончание таблицы 2

Месяц	n	Вид зависимости	R	t-критерий Стьюдента
VI	22	$Si_{VI} = -0,28EA_{IV} + 1,77$	0,54	-2,87
VII	17	$Si_{VII} = -0,43SCAND_{IX} + 2,20$ $Si_{VII} = -0,54NAO_{II} + 0,56AO_{II} + 1,85$	0,51 0,60	-2,32 -2,07; 2,77
VIII	19	$Si_{VIII} = -0,26AO_{III} + 0,41EA_{III} + 2,22$ $Si_{VIII} = 0,64SCAND_{V} + 2,05$	0,70 0,61	-2,60; 3,53 3,14
IX	20	$Si_{IX} = -0,56EA_{X} + 1,70$ $Si_{IX} = -0,35EA_{III} + 1,81$	0,67 0,60	-3,84 -3,17
Бийск				
V	19	$Si_{V} = -0,36NAO_{II} - 0,31SCAND_{II} + 1,83$	0,61	-2,61; -2,14
VI	20	$Si_{VI} = 0,31NAO_{XII} - 0,21EA_{XII} + 1,89$ $Si_{VI} = 0,29NAO_{I} - 0,34EA_{I} + 1,85$	0,66 0,66	2,72; -2,47 2,39; 3,07
VII	19	$Si_{VII} = -0,29AO_{XI} + 1,82$	0,49	-2,32
VIII	19	$Si_{VIII} = -0,28AO_{III} + 1,97$ $Si_{VIII} = -0,39EA_{V} + 2,06$ $Si_{VIII} = -0,59NAO_{VI} + 2,06$	0,56 0,53 0,82	-2,80 -2,63 -5,86
IX	18	$Si_{IX} = 0,56SCAND_{X} + 1,32$	0,60	2,99
Славгород				
VI	22	$Si_{VI} = 0,30AO_{X} + 1,85$ $Si_{VI} = -0,19EA_{II} + 1,77$	0,49 0,43	2,52 -2,11
VII	16	$Si_{VII} = -0,41EA_{XII} + 2,04$	0,64	-3,16
VIII	16	$Si_{VIII} = -0,64SCAND_{IX} + 1,99$ $Si_{VIII} = -0,64SCAND_{X} + 1,99$ $Si_{VIII} = -0,43NAO_{XII} + 2,33$ $Si_{VIII} = -0,38NAO_{V} + 0,64AO_{V} + 0,77EA_{V} + 1,99$ $Si_{VIII} = -0,42NAO_{VI} + 1,94$	0,59 0,68 0,60 0,83 0,64	-2,71 -3,47 -2,80 -2,19; 2,58; -4,07 -3,15
IX	20	$Si_{IX} = -0,22NAO_{XI} + 1,85$ $Si_{IX} = -0,29EA_{XII} + 1,84$	0,46 0,59	-2,19 -3,08

Примечание: R – коэффициент множественной корреляции.

Таблица 3

Значимые коэффициенты множественной корреляции между избыточно влажными условиями
разной интенсивности и циркуляционными индексами
Significant multiple correlation coefficients between excessively wet conditions
of different intensity and circulation indices

Месяц	n	Вид зависимости	R	t-критерий Стьюдента
Томск				
VI	17	$Si_{VI} = -0,97NAO_{II} + 0,70AO_{II} - 2,31$	0,61	-2,84; 2,69
VII	19	$Si_{VII} = 0,66NAO_{XI} - 1,83$	0,58	2,97
VIII	17	$Si_{VIII} = 0,41NAO_{XI} - 2,25$ $Si_{VIII} = 0,38NAO_{III} - 2,15$	0,59 0,52	2,81 2,35
IX	16	$Si_{IX} = 0,81AO_{XII} - 2,60$ $Si_{IX} = -0,52SCAND_{I} - 2,21$ $Si_{IX} = 1,87NAO_{II} - 1,59AO_{II} - 2,32$ $Si_{IX} = -0,67SCAND_{III} - 2,07$ $Si_{IX} = -0,42SCAND_{VIII} - 2,20$	0,70 0,56 0,62 0,56 0,53	3,71 -2,56 2,73; -2,83 -2,55 -2,33
Ишим				
V	14	$Si_{V} = 1,06AO_{IX} - 2,49$ $Si_{V} = 0,74AO_{XI} - 2,10$ $Si_{V} = 0,36AO_{I} - 2,25$	0,54 0,70 0,68	2,22 3,36 3,19
VI	18	$Si_{VI} = -0,49NAO_{IX} - 1,98$	0,55	-2,60
VII	19	$Si_{VII} = -0,57EA_{I} + 2,08$ $Si_{VII} = -0,43NAO_{II} - 2,10$	0,59 0,52	-3,01 -2,51
VIII	19	$Si_{VIII} = -0,27NAO_{XI} - 1,77$	0,54	-2,92

Метеорология
Литвинова О.С.

Окончание таблицы 3

Месяц	n	Вид зависимости	R	t-критерий Стьюдента
IX	16	$Si_{IX} = -0,52SCAND_X + 0,28EA_X - 2,59$	0,79	-3,83; 2,40
		$Si_{IX} = 0,38EA_{II} - 2,28$	0,51	2,23
		$Si_{IX} = 0,67EA_{IV} - 2,27$	0,55	2,49
		$Si_{IX} = 0,41NAO_{VII} - 1,41AO_{VII} - 0,46SCAND_{VII} - 2,56$	0,79	2,79; -3,28; -4,03
Барабинск				
V	16	$Si_V = 0,40NAO_{IV} - 1,59AO_{IV} - 0,24EA_{IV} - 2,49$	0,82	3,20; -3,11; -2,44
VI	19	$Si_{VI} = 0,77NAO_{II} - 0,62AO_{II} - 0,40SCAND_{II} - 1,82$	0,63	2,54; -2,63; -2,43
VII	18	$Si_{VII} = 0,39EA_{IV} - 1,87$	0,65	3,42
		$Si_{VII} = 0,47AO_V - 2,07$	0,48	2,19
IX	17	$Si_{IX} = 0,69AO_{IV} - 2,42$	0,61	2,97
		$Si_{IX} = -0,53NAO_V + 0,97AO_V - 2,50$	0,58	-2,19; 2,63
		$Si_{IX} = -0,91AO_{VIII} - 2,47$	0,55	-2,53
Омск				
V	14	$Si_V = -0,94AO_X - 2,48$	0,61	-2,63
VI	19	$Si_{VI} = -0,37NAO_V - 2,04$	0,53	-2,57
VII	18	$Si_{VII} = -0,57SCAND_{XII} - 1,83$	0,54	-2,55
VIII	18	$Si_{VIII} = 0,72NAO_{XII} - 0,70AO_{XII} - 2,10$	0,71	3,20; -3,79
		$Si_{VIII} = 0,34AO_{II} - 1,87$	0,57	2,76
		$Si_{VIII} = -0,63NAO_V - 2,05$	0,56	-2,69
IX	17	$Si_{IX} = 0,48AO_{III} + 0,67SCAND_{III} - 2,32$	0,65	3,03; 2,46
		$Si_{IX} = -0,60SCAND_{IV} - 1,97$	0,49	-2,20
Бийск				
V	20	$Si_V = -0,68SCAND_{II} - 1,81$	0,58	-2,99
		$Si_V = 0,37EA_{IV} - 1,88$	0,46	2,20
VI	17	$Si_{VI} = 1,04AO_{XI} + 0,57SCAND_{XI} - 2,23$	0,73	3,96; 2,55
		$Si_{VI} = 0,45SCAND_{XII} + 0,37EA_{XII} - 2,32$	0,65	2,56; 2,27
		$Si_{VI} = 0,67NAO_{III} + 0,66SCAND_{III} - 2,31$	0,59	2,57; 2,18
VIII	18	$Si_{VIII} = 0,53AO_V - 2,08$	0,57	2,75
		$Si_{VIII} = -0,42SCAND_{XI} - 1,85$	0,54	-2,59
Славгород				
V	18	$Si_V = 0,76AO_{IX} - 0,42SCAND_{IX} - 2,45$	0,66	-2,62; -2,83
		$Si_V = -0,52AO_{XI} - 2,49$	0,69	-3,65
		$Si_V = 0,24AO_I - 2,53$	0,57	2,77
		$Si_V = -0,38AO_{II} - 2,86$	0,62	-3,18
VI	17	$Si_{VI} = -0,69AO_X - 2,10$	0,60	-2,91
		$Si_{VI} = 0,42SCAND_{XI} + 0,50EA_{XI} - 2,07$	0,78	2,49; 3,54
VII	18	$Si_{VII} = -0,45NAO_V - 1,97$	0,55	-2,61
VIII	13	$Si_{VIII} = -0,98NAO_{II} + 0,82AO_{II} - 2,09$	0,77	-3,72; 3,53
		$Si_{VIII} = -0,88SCAND_{III} - 2,06$	0,68	-3,05

Примечание: R – коэффициент множественной корреляции

В августе самые тесные связи получены между засухой и весенне-летними атмосферными процессами при условии, что в марте отмечаются отрицательная фаза индекса АО и положительная ЕА (Омске, Ишиме, Бийске), в мае – отрицательная NAO и положительные АО и ЕА (Славгород) и в июне – отрицательная NAO и SCAND (Ишим, Бийск, Славгород). Коэффициент множественной корреляции составил 0,56–0,83. При уровне значимости 0,05 значение коэффициента корреляции равно 0,48.

В сентябре наиболее тесные связи выявлены для Омска и Барабинска при отрицательной фазе ЕА в марте. В остальных случаях получены статистически незначимые связи.

При положительной фазе АО в сентябре, ноябре и январе на западе и юге региона (Ишим, Славгород) наблюдалось избыточное увлажнение в мае (табл. 3). В связи с выявленной тенденцией роста в ноябре, положительной фазы индекса АО в работе [9] на юге рассматриваемой территории в мае возможно увеличение повторяемости избыточного

*Метеорология
Литвинова О.С.*

увлажнения. Также было отмечено, что в феврале при увеличении повторяемости положительной фазы АО и отрицательной фазы NAO (север региона – Томск), положительной фазы NAO и отрицательных фаз АО и SCAND (центральный район – Барабинск) в июне отмечались аномально влажные периоды.

В ноябре южные и юго-восточные районы (Славгород, Бийск) находились под влиянием положительных фаз АО, EA и SCAND, в марте (Бийск) увеличивается роль положительной фазы NAO. Коэффициент множественной корреляции составил 0,59–0,78. При уровне значимости 0,05 значение коэффициента корреляции равно 0,48.

Избыточное увлажнение отмечалось в августе при положительной фазе NAO, в Томске – в ноябре и марте и в Омске – в декабре. На западе, юге и юго-востоке региона (Ишим, Славгород и Бийск) наибольший вклад вносят отрицательные фазы SCAND в ноябре и марте, и NAO – в ноябре и феврале.

При положительной фазе NAO в Томске – в декабре и феврале ($R=0,70$) и при положительной фазе АО в Барабинске – в апреле ($R=0,61$), влажные условия формировались в сентябре. В том же месяце для Ишима наиболее тесные связи получены при положительной фазе EA и отрицательной фазе SCAND в октябре и положительной фазе NAO и отрицательных фазах АО и SCAND в июле ($R=0,79$).

Заключение

Макроциркуляционные условия оказывают существенное влияние на формирование засушливых и влажных условий различной степени интенсивности на юге и юго-востоке Западной Сибири. На исследуемой территории рост температуры воздуха в 1950–2017 гг. выявлен в августе на фоне увеличения повторяемости положительной фазы индекса EA и отрицательной фазы индекса SCAND. Значимые коэффициенты корреляции между засушливыми и влажными условиями различной степени интенсивности и циркуляционными индексами получены лишь в отдельные месяцы теплого периода, тем не менее их вклад в климатический режим может быть существенным и использован в прогностических целях. При увеличении повторяемости положительной фазы индекса NAO в декабре засухи средней и сильной степени интенсивности отмечаются в июне, на севере исследуемой территории (Томск); для того же месяца при отрицательной фазе индекса EA в декабре и феврале – в центральных, южных и юго-восточных районах (Барабинск, Славгород, Бийск). В августе засушливые условия формируются на западе и юго-востоке региона (Ишим, Омск, Бийск) при отрицательных фазах индексов АО (февраль, март) и NAO (июнь) и положительной фазе индекса EA в марте. Наиболее тесные связи выявлены между избыточным увлажнением и усилением зонального переноса.

Библиографический список

1. Барашкова Н.К., Кузевская И.В., Поляков Д.В. Экстремальный режим погоды летом 2012 г. на территории Томской области как отражение современных глобальных климатических тенденций // Вестник Томского государственного университета. 2013. №372. С. 173–179.
2. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (дата обращения: 08.03.2019).
3. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М., 2014. С. 8–10.
4. Горбатенко В.П., Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В., Поднебесных Н.В., Харюткина Е.В. Влияние атмосферной циркуляции на температурный режим Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24. №1. С. 15–21.
5. Гурьянов Д.А. Роль атмосферной циркуляции в изменчивости температуры в зимний период в Санкт-Петербурге // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2014. №168. С. 43–49.

Метеорология
Литвинова О.С.

6. Крыжов В.Н. Связь среднемесячной, сезонной и годовой температуры воздуха на севере России с индексом зональной циркуляции зимой // Метеорология и гидрология. 2003. №2. С. 15–27.
7. Крыжов В.Н., Горелиц О.В. Арктическая осцилляция и ее влияние на температуру и осадки в Северной Евразии в XX в. // Метеорология и гидрология. 2015. №11. С. 5–19.
8. Куликова И.А., Круглова Е.Н., Киктев Д.Б. Крупномасштабные моды атмосферной изменчивости. Часть II. Их влияние на пространственное распределение температуры и осадков на территории Северной Евразии // Метеорология и гидрология. 2015. №4. С. 5–15.
9. Литвинова О.С. Макроциркуляционные условия зимнего сезона юго-востока Западной Сибири // Географический вестник. 2018. №4 (47). С. 67–77. doi 10.17072/2079-7877-2018-4-67-77.
10. Литвинова О.С., Гуляева Н.В. Макроциркуляционные условия атмосферных засух на юге Урала и Западной Сибири в XX – начале XXI века // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2017. №1(8). URL: <http://e-journal.omgau.ru/index.php/vyp-rus/2017-rus/1-8-rus> (дата обращения: 18.08.2019).
11. Обзор гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане. СПб.: ААНИИ, 2007–2017.
12. Попова В.В., Шмакин А.Б. Циркуляционные механизмы крупномасштабных аномалий температуры воздуха зимой в Северной Евразии в конце XX столетия // Метеорология и гидрология. 2006. №12. С. 15–25.
13. Педь Д.А. О показателе засухи и избыточного увлажнения // Труды ГМЦ СССР. 1975. Вып. 156. С. 19–39.
14. Черенкова Е.А. Региональные особенности изменения летней температуры в Западной Сибири во второй половине XX – начале XXI века // Известия РАН. Серия Географическая. 2016. №4. С. 52–61.
15. Climate Prediction Center. URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> (дата обращения: 14.08.2019).

References

1. Barashkova, N.K., Kuzhevskaya, I.V. and Polyakov, D.V. (2013), “Extreme weather conditions in the summer of 2012 in the Tomsk region as a reflection of modern global climate trends”, *Bulletin of Tomsk state University*, no. 372, pp. 173–179.
2. The official site of All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center, [*Vserossiiskij Nauchno-Issledovatel'skij Institut Gidrometeorologicheskoy Informacii – Mirovoj Centr Dannyykh*], available at: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation/> (Accessed 08 March 2019).
3. The Second Assessment Report by Roshydromet on Climate Change and Its Consequences on the Territory of the Russian Federation (2014), [*Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossijskoj Federacii*], Moscow, Russia, pp. 8–10.
4. Gorbatenko, V.P., Ippolitov, I.I., Kabanov, M.V., Loginov, S.V., Podnebesnykh, N.V. and Kharyutkina, E.V. (2011), “Influence of atmospheric circulation on the temperature regime of Siberia”, *Optics of the atmosphere and the ocean*, vol. 24, no. 1, pp. 15–21.
5. Guryanov, D.A. (2014), “The role of atmospheric circulation in temperature variability in winter in St. Petersburg”, *Izvestiya of the A.I. Herzen State Pedagogical University of Russia*, no. 168, pp. 43–49.
6. Kryzhov, V.N. (2003), “Relationship between the average monthly, seasonal and annual air temperature in the North of Russia with the zonal circulation index in winter”, *Meteorology and Hydrology*, no. 2, pp. 15–27.
7. Kryzhov, V.N. and Gorelits, O.V. (2015), “Arctic oscillation and its influence on temperature and precipitation in Northern Eurasia in the 20th century”, *Meteorology and hydrology*, no. 11, pp. 5–19.
8. Kulikova, I.A., Kруглова, E.N. and Kiktev, D.B. (2015), “Large-scale fashion atmospheric variability. Part II. Their influence on spatial distribution of temperature and precipitation in Northern Eurasia”, *Meteorology and Hydrology*, no.4, pp. 5–15.
9. Litvinova, O.S. (2018), “Macrocirculatory conditions of the winter season of the South-East of Western Siberia”, *Geographical Bulletin*, no. 4 (47), pp. 67–77. doi 10.17072/2079-7877-2018-4-67-77.
10. Litvinova, O.S. and Gulyaeva, N.V. (2017), “Macrocirculatory conditions of atmospheric droughts in the South of the Urals and Western Siberia in the XX-early XXI century”, *Electronic scientific and methodological journal of Omsk SAU*, no. 1(8), available at: <http://e-journal.omgau.ru/index.php/vyp-rus/2017-rus/1-8-rus> (Accessed 18 Aug 2019).

Метеорология
Литвинова О.С.

11. Review of hydrometeorological processes in the Arctic Ocean, aani, St. Petersburg, Russia, 2007–2017.
12. Popova, V.V. and Shmakin, A.B. (2006), “Circulation mechanisms of large-scale air temperature anomalies in winter in Northern Eurasia at the end of the 20th century”, *Meteorology and Hydrology*, no.12, pp. 15–25.
13. Pedy, D. A. (1975), “On the indicator of drought and excessive moisture”, *Proceedings of the GMC USSR*, no. 156, pp. 19–39.
14. Cherenkova, E. A. (2016), “Regional features of summer temperature change in Western Siberia in the second half of the XX-early XXI century”, *Izvestiya RAS. Series Geographical*, no. 4, pp. 52–61.
15. Climate Prediction Center, available at: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> (Accessed 14 Aug 2019).

Поступила в редакцию: 21.12.2019

Сведения об авторе

Ольга Сергеевна Литвинова

кандидат географических наук,
доцент кафедры географии, регионоведения и
туризма, Новосибирский государственный
педагогический университет;
Россия, 630126, г. Новосибирск,
ул. Виллойская, д. 28

About the author

Olga S. Litvinova

Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor, Novosibirsk State Pedagogical
University;
28, Viluyskaya st., Novosibirsk, 630126, Russia

e-mail: olg.litwino2011@yandex.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Литвинова О.С. Влияние макроциркуляционных условий на атмосферное увлажнение юга и юго-востока Западной Сибири // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. №2(53). С. 100–110. doi 10.17072/2079-7877-2020-2-100-110.

Please cite this article in English as:

Litvinova O.S. The influence of macrocircular conditions on atmospheric humidification in the south and south-east of Western Siberia // Geographical bulletin. 2020. №2(53). P. 100–110. doi 10.17072/2079-7877-2020-2-100-110.