

УДК551.582:551.524.36:551.577.36

ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОСНЕЖНЫХ И МАЛОСНЕЖНЫХ ЗИМ НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА

В.А. Воеводина¹, Г.К. Турулина¹, С.Е. Полякова¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

E-mail: lera19982006@gmail.com, polse2468@gmail.com

В статье рассмотрены климатические параметры (атмосферные осадки и температура воздуха), которые определяют многоснежные и малоснежные зимы за период с 1971 по 2020 год для декабря-февраля на юге Казахстана. Построены и проанализированы графики временного хода атмосферных осадков и температуры воздуха для исследуемой территории. Рассчитаны основные статистические характеристики атмосферных осадков. Составлен каталог крупных аномалий осадков (избыток, дефицит и норма) для территории Южного Казахстана. Представлен каталог многоснежных теплых и малоснежных холодных зим на основе использования комплексного критерия W для изучаемой территории, выявлено преобладание теплых многоснежных зимних месяцев. Выявлены циркуляционные условия формирования многоснежных и малоснежных зим на юге Казахстана с помощью анализа форм циркуляции Вангенгейма-Гирса, индексов Северо-Атлантического колебания и Блиновой. Многоснежные декабри и январь обусловлены преобладанием процессов формы $W+C$, а многоснежный февраль – меридиональной формы C . В малоснежные январь и февраль преобладает меридиональная форма циркуляции E , а в декабре – зональная форма W . Выявлены, особенности преобладающих меридиональных процессов – в многоснежные месяцы отмечается усиление западно-восточного переноса, а в малоснежные – ослабление.

Ключевые слова: атмосферные осадки, температура воздуха, аномалии климатических параметров, индексы и формы циркуляции, вариация, тенденция, дефицит и избыток осадков, многоснежные и малоснежные зимы

Поступила: 29.04.22

DOI: 10.54668/2789-6323-2022-104-1-31-39

ВВЕДЕНИЕ

Температура воздуха и атмосферные осадки являются одним из основных показателей изменения климата. В последние годы все чаще встает вопрос о потеплении климата, поэтому изучение изменения температуры воздуха и количества осадков на территории Казахстана является целесообразным, как для республики, так и в глобальном масштабе (Литвинова О.С., 2017), (Филандышева Л.Б. и др., 2013). В среднем по Казахстану скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составляет 0,28 °C/10 лет, годовые суммы осадков незначительно уменьшились – на 0,2 мм/10 лет (Седьмое национальное Сообщение РК, 2017).

Изучение зимнего режима осадков является одной из наиболее востребованных задач географической науки (Долгих С.А. и др., 2009; Пищальникова Е.В., 2015). Атмосферные осадки напрямую влияют на хозяйственную деятельность человека (Тарасова Л.Л., 2016) и на условия его жизни. В связи с глобальным потеплением климата изучение изменения количества осадков является актуальной темой исследования как во всем мире, так и в Казахстане (Долгих С.А. и др., 2009; Сальников В.Г. и др., 2018).

Целью данной работы является выявление изменений зимнего количества осадков за период с 1971 по 2020 год на юге и юго-востоке Казахстана, а также изучение влияния температуры, форм и индексов циркуляции на режим осадков.

ДАННЫЕ И МЕТОДИКА

В статье рассмотрен временной ход атмосферных осадков и температуры воздуха за период 1971...2020 гг. для территории Южного Казахстана. Для исследования использованы среднемесячные значения температуры воздуха и месячное количество

осадков за зимние месяцы на метеорологических станциях Алматы, Казалинск, Кызылорда, Тараз, Туркестан, Уланбелъ, Шымкент.

Для выявления месяцев с дефицитом и избытком осадков в качестве исходных данных использованы месячное количество осадков. Расчёт аномалии осадков проводился по следующей формуле:

$$\Delta R = \frac{R_i}{R_{cp}} \times 100\% \tag{1}$$

где, ΔR – аномалия осадков, мм; R_i – количество осадков за i -ый год, мм; R_{cp} – среднее значение количества осадков с 1971-2020 гг., мм.

Если $\Delta R < 80\%$ отмечается дефицит количества осадков, $80\% \leq \Delta R$

$\leq 120\%$ норма количества осадков, $\Delta R > 120\%$ - избыток количества осадков.

Для количественной оценки суровости зим Поповым А.В. предложен параметр W (Попов А.В., 1975; Тарасова Л.Л., 2016):

$$W = \frac{\Delta T}{\sigma_T} + \frac{\Delta R}{\sigma_R} \tag{2}$$

где, W – комплексный критерий, описывающий особенности зимы; T – температура воздуха; R – количество осадков; σ – среднеквадратическое отклонение.

Анализ некоторых вариантов, которые можно учесть с помощью формулы (1): а) если $\Delta T > 0$ и $\Delta R > 0$, то $W \gg 0$; б) если $\Delta T < 0$ и $\Delta R < 0$, то $W \ll 0$; в) если $\Delta T > 0$ и $\Delta R < 0$, то величина и знак W будут определяться соотношением между $\Delta T/$

$\sigma_T > 0$ и $\Delta R/\sigma_R < 0$. Аналогично $\Delta T < 0$ и $\Delta R > 0$.

Таким образом, значение $W \gg 0$ характеризует теплую и многоснежную зиму; при $W \ll 0$ зима холодная и малоснежная.

Для оценки интенсивности западно-восточного переноса Е.Н. Блинова предложила формулу, которая вычисляется для северного полушария в целом и представляет собой угловую скорость вращения атмосферы относительно поверхности земли:

$$\alpha = \frac{U}{a \cdot \cos \varphi} \tag{3}$$

где, α – угловая скорость вращения атмосферы по отношению к поверхности земли; U – средняя скорость западного ветра; $a \cdot \cos \varphi$ – расстояние до оси вращения. Высокие значения α соответствуют зональной циркуляции, а низкие – меридиональной.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С целью детального описания климатических особенностей зим Южного Казахстана региона в период с 1971 по 2020 годы построены соответствующие графики временного хода температуры воздуха и количества осадков. В качестве иллюстрации представлена динамика

климатических параметров для января на станциях Южного Казахстана (рисунок 1). Анализ рисунка 1 показал, что на исследуемой территории наблюдается тенденция повышения температуры воздуха со скоростью 0,5-0,7 °C/10 лет и тенденция увеличения количества осадков со скоростью 0,9-1,7 мм/10 лет. Результаты исследования согласуются с динамикой изменения температуры воздуха и осадков, представленной в Седьмом национальном Сообщении (Седьмое национальное Сообщение РК, 2017).

Основные черты атмосферной циркуляции над Казахстаном складываются под влиянием характеристик её над всем северным полушарием и, главным образом,

над территорией первого синоптического района. Крупные аномалии в режиме атмосферной циркуляции Евразии обуславливают определённый характер её над Казахстаном.

Аномалия осадков есть показатель отклонения количества осадков от средней многолетней, и по её знаку можно в первом приближении определить тенденцию изменения

осадков. Для этого достаточно сравнить аномалии с положительными и отрицательными знаками в отдельные месяцы и за зиму в целом.

Расчёты крупных аномалий осадков выполнены для всех исследуемых станций Южного Казахстана за период с 1971 по 2020 гг.

Согласно полученным результатам построена таблица 1.

Таблица 1

Число случаев с крупными аномалиями осадков за период с 1971 по 2015 гг.

Метеостанция	Дефицит			Норма			Избыток		
	Декабрь	Январь	Февраль	Декабрь	Январь	Февраль	Декабрь	Январь	Февраль
Алматы	17	17	12	12	14	19	15	13	13
Казаньск	20	19	22	9	11	10	15	14	12
Кызылорда	21	17	21	7	14	7	16	13	16
Тараз	16	22	19	14	9	15	14	13	10
Туркестан	15	15	16	16	16	16	13	13	12
Улашбень	20	16	22	13	15	10	11	13	12
Шымкент	18	16	21	13	15	10	13	13	13
Сумма	127	122	133	84	94	87	97	92	88

Из таблицы 1 следует, что в период с 1971 по 2020 гг. отмечается преобладание дефицита осадков на всех станциях.

В работе составлен каталог месяцев и лет с избытком, дефицитом и нормой осадков для большей части территории (таблица 2).

Таблица 2

Каталог месяцев и лет с избытком, нормой и дефицитом осадков (для 75% территории)

Месяцы	Годы	Итого	Сумма
Дефицит			
декабрь	1973, 1974, 1980, 1981, 1982, 1984, 1995, 1996, 1999, 2006, 2010, 2014	12	28
январь	1976, 1984, 1996, 2007, 2008, 2011, 2012	7	
февраль	1972, 1974, 1984, 1986, 1991, 1995, 2000, 2001, 2012	9	
Норма			
декабрь		0	6
январь	1974, 1977, 1980, 1981	4	
февраль	1993, 1994	2	
Избыток			
декабрь	1977, 1978, 1986, 1991, 1994, 2002, 2004, 2013	8	17
январь	1972, 1988, 1991, 2005, 2010, 2014	6	
февраль	1975, 1979, 2003	3	

На большей части территории во все зимние месяцы наблюдается преобладание дефицита осадков. В декабре отмечается 8 случаев с избытком, 12 случаев с дефицитом и не наблюдаются случаи с нормой. В январе наблюдается 6 случаев с избытком, 7 случаев с дефицитом и 4 случая с нормой осадков. В феврале отмечается 3 случая с избытком, 9 случаев с дефицитом и 2 случая с

нормой. Сумма случаев с избытком осадков составляет 17, дефицитом – 28 и с нормой 6.

На основе (2) представлен каталог многоснежных и малоснежных месяцев с использованием индекса W (табл. 3).

На большей части территории во все зимние месяцы наблюдается преобладание многоснежных и тёплых зим.

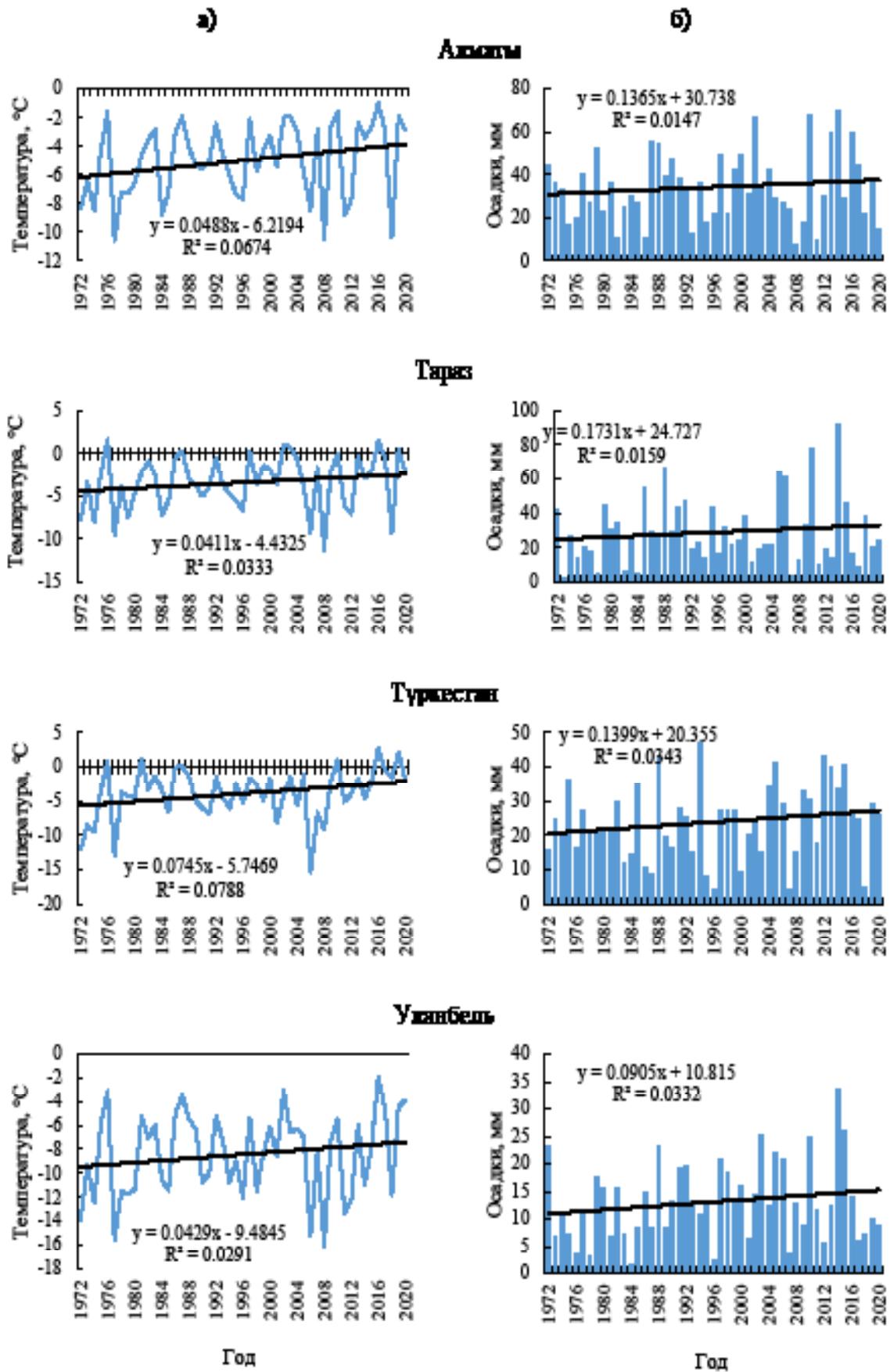


Рис.1. Динамика температуры воздуха (а) и осадков (б) на станциях Южного Казахстана

Каталог многоснежных и малоснежных месяцев по комплексному критерию W

Месяцы	Годы	Итого	Сумма
	Многоснежные		
декабрь январь февраль	1971, 1977, 1978, 1979, 1980, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1991, 1992, 1994, 2000, 2003, 2004, 2005, 2009, 2013	19 20 17	56
	1976, 1981, 1983, 1986, 1987, 1988, 1991, 1992, 1997, 1999, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2009, 2010, 2013, 2014, 2015		
	1975, 1979, 1981, 1983, 1985, 1987, 1992, 1999, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015		
Малоснежные			
декабрь январь февраль	1973, 1974, 1976, 1981, 1982, 1983, 1984, 1993, 1995, 2001, 2002, 2006, 2010, 2011, 2012, 2014	16 15 17	48
	1972, 1973, 1974, 1977, 1978, 1979, 1980, 1984, 1996, 2001, 2006, 2007, 2008, 2011, 2012		
	1972, 1974, 1977, 1978, 1980, 1982, 1984, 1986, 1988, 1989, 1991, 1994, 1997, 2005, 2008, 2012, 2014		

В декабре отмечается 19 случаев многоснежных и 16 случаев малоснежных зим. В январе наблюдается 20 случаев многоснежных и 15 случаев малоснежных зим. В феврале отмечается 17 случаев многоснежных и 17 случаев малоснежных зим. Сумма случаев с многоснежными зимами составляет 56 и 48 случаев малоснежных зим.

В работе рассматриваются особенности атмосферной циркуляции, которые определяют многоснежные и

малоснежные зимние месяцы. Для характеристики атмосферной циркуляции используется классификация Вангенгейма-Гирса.

Анализ проведен для всех исследуемых станций Южного Казахстана за период с 1971 по 2020 гг. В качестве исходных данных были использованы архивные данные числа дней и значение аномалий для каждой формы циркуляции.

Согласно полученным результатам, была построена таблица 4.

Таблица 4

Число дней и значение аномалий с формами циркуляций W, E и C за период с 1971 по 2020 гг.

Многоснежные зимы						
	W		E		C	
	Число дней	Аномалия	Число дней	Аномалия	Число дней	Аномалия
Декабрь	10	3,3	5	-7,4	3	3,9
Январь	9	1,2	6	-1,7	4	2,3
Февраль	4	-0,8	9	-2,2	4	2,9
Малоснежные зимы						
	W		E		C	
	Число дней	Аномалия	Число дней	Аномалия	Число дней	Аномалия
Декабрь	6	1,6	9	-1,6	1	-0,2
Январь	3	-4,3	10	3,5	2	0,9
Февраль	3	-2,5	13	3,8	1	-1

Преобладание той или иной формы циркуляции определяется положительным знаком аномалии. Для многоснежных декабря и января характерна форма циркуляции W+C, а для февраля форма циркуляции С. При форме С юг Казахстана находится в тыловой части гребня и большое количество осадков объясняется выходом Южных циклонов. Для малоснежных января и февраля выделяется форма циркуляции E, а для декабря форма циркуляции W. При форме E юг Казахстана находится в тыловой части ложбины, происходит заток холодного воздуха с малым количеством влаги, что объясняет дефицит осадков. Широтная форма циркуляции наблюдается и при многоснежных, и при малоснежных зимах. Это можно объяснить тем, что при малоснежных зимах юг Казахстана находится в зоне высокого давления, а при опускании этой зоны к югу проявляется циклоническая деятельность, то есть большое количество осадков.

Одной из важнейших характеристик крупномасштабной циркуляции атмосферы в северном полушарии является Северо-Атлантическое колебание. Оно влияет на характер синоптических процессов и формирование погоды над внеэкватори-

альными широтами северного полушария.

Это явление может быть описано количественными характеристиками взаимодействия североатлантических центров действия атмосферы (Исландской депрессии и Азорского максимума).

Высокие значения САК связаны с отклонениями больше нормы интенсивности Исландского минимума и Азорского максимума, что способствует усилению западно-восточного переноса в нижней части тропосферы и приводит к адвекции тепла с Атлантики на континент.

Отмечается также, что САК оказывает заметное влияние на формирование аномалий температуры поверхности Атлантического океана. Так, например, когда Исландский минимум и Азорский максимум хорошо развиты и смещены к северу, то градиенты давления между ними увеличены. Это приводит к усилению выноса холодного сухого воздуха с американского континента и увеличению оттока тепла из океана в атмосферу, что способствует более интенсивному перемешиванию в верхних слоях океана. В результате такого взаимодействия зимой океан охлаждается сильнее.

Таблица 5

Значение аномалий Северо-Атлантического колебания за период с 1971 по 2020 гг.

	Декабрь	Январь	Февраль
Многоснежные	0,027	0,11	-0,29
Малоснежные	-0,32	-0,59	-0,15

Для многоснежного января характерны высокие значения САК, что означает усиление западно-восточного переноса, в декабре значение индекса близко к среднемуголетним значениям, а в феврале отмечается низкие значения индекса. Для малоснежных зим характерны низкие значения САК. Это связано с усилением меридиональной циркуляции.

Е.Н.Блинова решила задачу о движении волновых возмущений в термоба-

рическом поле бароклинной атмосферы на вращающейся сферической земле. Индекс циркуляции Блиновой (α) представляет собой отношение линейной скорости движения воздуха вдоль круга широты к расстоянию до оси вращения Земли. В таблице 6 представления значения аномалий индекса циркуляции Блиновой за период с 1971 по 2020 гг. для многоснежных и малоснежных зим.

Таблица 6

Значение аномалий индекса Е.Н. Блиновой за период с 1971 по 2020 гг.

	Декабрь	Январь	Февраль
Многоснежные	0,39	0,28	0,542
Малоснежные	-0,64	-0,86	-1,4

Анализ таблицы показывает, что для многоснежных зим отмечается усиление западно-восточного переноса, а для малоснежных – ослабление, то есть преобладание меридиональных процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье изучены климатические характеристики зимних осадков и исследованы циркуляционные особенности их возникновения на юге Казахстана. Проведён анализ тенденций изменения осадков и температуры воздуха зимой по территории Южного Казахстана в период с 1971 по 2020 гг. Исследован временной ход месячного количества осадков по рассматриваемой территории в декабре-феврале за период с 1971 по 2020 гг. Для станций Алматы, Тараз, Туркестан и Уланбелль проведён анализ временного хода осадков и рассчитана линия тренда, параметры которой статистически незначимы. Анализ показал, что на большей части исследуемой территории отмечается тенденция увеличения осадков в зимние месяцы, за исключением отдельных станций. Выявлено, что дефицит осадков преобладает на большей части территории Южного Казахстана во все зимние месяцы.

Анализ временного хода средней месячной температуры воздуха показал, что для большей части исследуемой территории характерно повышение температуры воздуха.

Изучены циркуляционные особенности формирования многоснежных и малоснежных зимних месяцев. Для оценки многоснежных и малоснежных зим рассчитан индекс W . Исследовано влияние Северо-Атлантического колебания и проанализирован индекс циркуляции Е.Н. Блиновой.

В результате проведённого исследования получены следующие выводы:

1. Выявлено преобладание теплых многоснежных зимних месяцев.
2. Многоснежные зимние месяцы (декабрь и январь) обусловлены преобладанием процессов формы $W+C$, а многоснежный февраль – меридиональной формы C . В малоснежные зимние месяцы (январь и февраль) преобладает меридиональная форма цирку-

ляции E , а в декабре – зональная форма W .

3. Для многоснежного января характерны высокие значения САК, что означает усиление западно-восточного переноса, в декабре значение индекса близки к среднемноголетним значениям, а в феврале отмечается низкие значения индекса. Для малоснежных зим характерны низкие значения САК.

4. Выявлены, особенности преобладающих меридиональных процессов – в многоснежные месяцы отмечается усиление западно-восточного переноса, а в малоснежные – ослабление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгих С.А., Турулина Г.К., Сальников В.Г., Полякова С.Е. Особенности пространственно-временного распределения осадков в Казахстане. // Вестник КазНУ им. аль-Фараби: - 2009. – №2. – С. 70-71.
2. Долгих С.А., Турулина Г. К., Сальников В.Г., Полякова С.Е. Современные тенденции изменения климата. // Материалы международной научной конференции, посвящённой 75-летию КазНУ им. аль-Фараби, 2009. – Том 2. –216 с.
3. Ленская О.Ю., Быков Д.В. Анализ изменчивости месячных сумм осадков с использованием индексов атмосферной циркуляции. // Вестник Челябинского государственного университета-2008.-№2.-С.53-61.
4. Литвинова О.С. Климатическая структура зимнего сезона на юго-востоке Западной Сибири // Электронный научно-методический журнал Омского государственного аграрного университета – 2017. - №4 (11) октябрь-декабрь.
5. Пищальникова Е.В. Условия формирования обильных снегопадов на территории Пермского края. // Диссер. канд. геогр. наук. – Пермь, 2015. – 177 с.
6. Попов А.В. О возможности прогноза теплых многоснежных и холодных малоснежных зим // Труды Гидрометцентра СССР. – 1975. - Вып. 156. - С. 77-84.
7. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Таланов Е.А., Полякова С.Е. Анализ изменения климата в Казахстане за последние 75 лет. Глава в монографии: Новые методы и

результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Монография в 5 томах. Том I. Ландшафты в XXI веке: анализ состояния, основные процессы и концепции исследований / под редакцией академика РАН В.Г. Сычева, Л. Мюллера. – М.: ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. – С. 247-252

8. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Полякова С.Е. Атмосферная циркуляция и особенности распределения аномалий температуры и осадков в Казахстане // Вестник КазНУ. Серия география. – 2010. - №2(31). – С. 62-75.

9. Седьмое национальное Сообщение и третий двухгодичный Доклад Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климат. – Астана, 2017. – 304 с.

10. Тарасова Л.Л. Оценка агрометеорологических показателей условий зимовки озимых зерновых культур в центральных черноземных областях в условиях климатических изменений // Труды Гидрометцентра России. - 2016. - Вып. 360. -С. 26-44.

11. Турумова Г.Е. Исследование многоснежных и малоснежных зим в Костанайской области // Гидрометеорология и экология. – 2018. - №2. – С. 25-32.

12. Филандышева Л.Б., Сорока А.С. Изучение ритмов зимнего сезона на юго-западе Западно-Сибирской равнины в свете глобальных изменений климата. // Вестник ТГУ: - 2013. - №2. – С. 710-713.

REFERENCES

1. Dolgikh S.A., Turulina G.K., Salnikov V.G., Polyakova S.E. Features of spatio-temporal distribution of precipitation in Kazakhstan. // Bulletin of KazNU. al-Farabi: - 2009. - No. 2. - pp. 70-71.
2. Dolgikh S.A., Turulina G.K., Salnikov V.G., Polyakova S.E. Current trends in climate change. // Proceedings of the international scientific conference dedicated to the 75th anniversary of KazNU. al-Farabi, 2009. - Volume 2. -216 p.
3. Lenskaya O.Yu., Bykov D.V. Analysis of monthly precipitation variability using atmospheric circulation indices. // Bulletin of the Chelyabinsk State University -2008. –No 2. - pp.53-61.
4. Litvinova O.S. Climatic structure of the winter season in the south-east of Western Siberia // Electronic scientific and methodological journal of the Omsk State Agrarian University - 2017. - No. 4 (11) October-December. – pp. 1-13.
5. Pishchalnikova E.V. Conditions for the formation of heavy snowfalls on the territory of the Perm Territory. // Dissertation. cand. geogr. Sciences. - Perm, 2015. - 177 p.
6. Popov A.V. On the possibility of forecasting warm snowy and cold winters with little snow // Proceedings of the Hydrometeorological Center of the USSR. - 1975. - Issue. 156. - pp. 77-84.
7. Salnikov V.G., Turulina G.K., Talanov E.A., Polyakova S.E. Analysis of climate change in Kazakhstan over the past 75 years. Chapter in the monograph: New methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia. Monograph in 5 volumes. Volume I. Landscapes in the 21st century: state analysis, main processes and research concepts / edited by academician of the Russian Academy of Sciences V.G. Sychev, L. Muller. - M.: FGBNU «VNIИ agrochemistry», 2018. - pp. 247-252.
8. Salnikov V.G., Turulina G.K., Polyakova S.E. Atmospheric circulation and features of the distribution of temperature and precipitation anomalies in Kazakhstan // Bulletin of KazNU. Geography series. -2010. -No.2(31). -pp.62-75.
9. The Seventh National Communication and the Third Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change. - Astana, 2017. - 304 p.
10. Tarasova L.L. Evaluation of agrometeorological indicators of wintering conditions for winter crops in the central chernozem regions under climate change // Proceedings of the Hydrometeorological Center of Russia. - 2016. - Issue. 360.-pp. 26-44.
11. Turumova G.E. Study of snowy and little snowy winters in the Kostanay region // Hydrometeorology and ecology. - 2018. - No. 2. - pp. 25-32.
12. Filandysheva L.B., Soroka A.S. Study of the rhythms of the winter season in the southwest of the West Siberian Plain in the light of global climate change. // Bulletin of Tomsk State University: - 2013. - No. 2. - pp. 710-713.

**КЛИМАТТЫҢ ЖЫЛЫНУЫ ЖАҒДАЙЫНДА ҚАЗАҚСТАННЫҢ СОЛТҮСТІГІ
МЕН ОҢТҮСТІГІНДЕ ҚЫСТА ЖАУЫН-ШАШЫННЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫНЫҢ
ЦИРКУЛЯЦИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

В.А. Воеводина¹, Г.К. Турулина¹, С.Е. Полякова¹

*¹ ал-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
E-mail: lera19982006@gmail.com, polse2468@gmail.com*

Мақалада Қазақстанның оңтүстігіндегі 1971 жылдан 2020 жылға дейінгі кезеңдегі желтоқсан-ақпан айларындағы қарлы және қарлы қыстарды анықтайтын климаттық параметрлер (жауын-шашын және ауа температурасы) қарастырылады. Зерттелетін аумақ үшін атмосфералық жауын-шашынның және ауа температурасының уақытша ағымының графигі құрылып, талданған. Атмосфералық жауын-шашынның негізгі статистикалық сипаттамалары есептеледі. Оңтүстік Қазақстан аумағы бойынша жауын-шашынның негізгі ауытқуларының (артық, тапшылық және норма) каталогы жасалды. Зерттелетін аумақ үшін W кешенді критерийін пайдалану негізінде қарлы жылы және аз қарлы суық қыстардың каталогы ұсынылған. Қазақстанның оңтүстігінде қарлы және қарлы қыстардың пайда болу циркуляциялық жағдайлары Вангенхайм-Гирс айналым формаларын, Солтүстік Атлантикалық тербеліс және Блиновая индекстерін талдау арқылы анықталады.

Түйін сөздер: атмосфералық жауын-шашын, ауа температурасы, климаттық параметрлердің ауытқулары, циркуляция көрсеткіштері мен формалары, вариация, тенденция, каталог, қар көп және аз қар жауатын қыс

**CIRCULATION FEATURES OF PRECIPITATION FORMATION IN WINTER
IN THE NORTH AND SOUTH OF KAZAKHSTAN IN THE CONDITIONS OF
CLIMATE WARMING**

В.А. Воеводина¹, Г.К. Турулина¹, С.Е. Полякова¹

*¹ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: lera19982006@gmail.com, polse2468@gmail.com*

The article considers the climatic parameters (precipitation and air temperature) that determine snowy and little snowy winters for the period from December to February of 1971 to 2020 years in the south of Kazakhstan. Graphs of the temporal course of atmospheric precipitation and air temperature for the study area were constructed and analyzed. The main statistical characteristics of atmospheric precipitation are calculated. A catalog of major precipitation anomalies (excess, deficit and norm) for the territory of South Kazakhstan has been compiled. A catalog of snowy warm and little snowy cold winters is presented based on the use of the complex criterion W for the study area. The circulation conditions for the formation of snowy and little snowy winters in the south of Kazakhstan are revealed by analyzing the Wangenheim-Girs circulation forms, the North Atlantic Oscillation and Blinova indices.

Keywords: atmospheric precipitation, air temperature, anomalies of climatic parameters, indices and forms of circulation, variation, trend, catalog, snowy and little snowy winters