

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЕСИЛЬСКОГО  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАССЕЙНА

М.А. Каратай\*, Г.Е. Турумова

РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан

E-mail: karatay.manshuk@mail.ru

В статье рассмотрены климатические параметры: температура воздуха, количество атмосферных осадков, влажность воздуха, дефицит насыщения, скорость и направление ветра по метеорологическим станциям Есильского водохозяйственного бассейна. Приведен внутригодовой ход их распределения, рассчитаны статистические характеристики, такие, как среднее многолетнее значение, среднеквадратическое отклонение, разность между средними многолетними значениями за периоды 1961...1990 гг. и 1991...2020 гг., угловой коэффициент линейной тенденции и коэффициент детерминации. Сопоставлены нормы средних по территории бассейна месячных температур приземного воздуха и суммы осадков за два последовательных периода. Проведен анализ временных рядов, приведены скользящие 11 летние средние за период 1941...2021 гг. и линейный тренд за период 1976...2021 гг. средних по территории Есильского водохозяйственного бассейна средней месячной температуры приземного воздуха и количества осадков.

**Ключевые слова:** приземная температура воздуха, сумма атмосферных осадков, коэффициент детерминации, коэффициент линейного тренда, статистическая значимость, Есильский водохозяйственный бассейн.

Принято: 27.01.2023

DOI: 10.54668/2789-6323-2022-107-4-6-23

**ВВЕДЕНИЕ**

Изменение климата одна из актуальных глобальных проблем современности. Климат Казахстана особо чувствителен к изменению глобального климата, который в последние несколько десятилетий сильно меняется. Территория Казахстана, находящаяся в центре Евразийского континента и удаленная от океанов на значительное расстояние (2000...3000 км), прогревается более значительными темпами, чем в среднем северное полушарие и земной шар (Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана, 2021).

Как следует из многолетних наблюдений специалистов РГП «Казгидромет», на территории Казахстана среднегодовой рост температуры воздуха составляет 0,34 °С каждые 10 лет. При этом наибольшие темпы роста температуры наблюдаются в

весенний период (0,63 °С /10 лет), наименьшие – в зимний период (0,16 °С /10 лет). На западе и юге Казахстана есть тенденция к увеличению количества очень жарких дней с температурой воздуха выше 35 градусов на 4...8 дней каждые 10 лет. Практически повсеместно на 3...6 дней в 10 лет уменьшается повторяемость ночей с морозом, когда суточная минимальная температура опускается ниже нуля. При этом на большей части Казахстана наблюдалось уменьшение на 4...8 дней в 10 лет количества морозных дней (Коронкевич Н.И., Зайцева И.С., 2019).

Северный Казахстан является основным сельскохозяйственным регионом, который обеспечивает продовольственную независимость и безопасность. Поэтому проблема изменения климата, и то, как эти изменения могут повлиять на сельскохозяйственное производство в регионе, является на сегодняшний день актуальной и важной.

В рамках задачи реализации продовольственной программы продовольственной безопасности одной из важнейших задач является оценка динамики климатических изменений в регионе на ближайшие десятилетия, особенно в вегетационный период, и то, как эти изменения повлияют на сельскохозяйственное производство. Знание ожидаемых изменений позволит выработать оптимальную стратегию по адаптации отрасли к новым климатическим условиям, сведя к минимуму возможные убытки (Чередниченко В.С., Чередниченко А.В., Чередниченко А.В., 2019).

**Климат.** Главной особенностью климата на территории бассейна является его резкая континентальность, проявляющаяся в большой амплитуде колебаний температуры воздуха, в низкой влажности воздуха и незначительном количестве атмосферных осадков. Равнинный рельеф местности не препятствует воздействию воздушных масс арктического, среднеазиатского, европейского и атлантического происхождения. Зимнее время характеризуется антициклональной погодой, нарушаемой прохождением циклонов, сопровождающихся значительной облачностью и усилением ветра. В летнее время территория бассейна находится под воздействием холодного и довольно сухого воздуха с севера, который по мере продвижения на юг прогревается с уменьшением влажности воздуха (Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, 1960).

**Температура воздуха.** Средняя годовая температура воздуха на рассматриваемой территории колеблется от 1,70 °С на севере и на возвышенных участках до 3,90 °С в южных районах.

**Осадки.** Среднее годовое количество осадков колеблется от 284 до 458 мм. В течении года осадки распределяются очень неравномерно.

**Скорость ветра.** По сезонам скорость ветра меняется мало, но все же максимум ее обычно приходится на зимние месяцы. В зимний период времени года это благоприятствует возникновению метелей. Сильные ветры, доходящие до скорости урагана, иногда наблюдаются весной. В летние месяцы ветры зачастую имеют характер суховеев.

**Снежный покров.** Устойчивый снежный покров в Северном Казахстане в среднем формируется во второй декаде ноября, а разрушается – в первой половине апреля. В последние десятилетия даты установления устойчивого снежного покрова смещаются на более поздние сроки, а даты разрушения – на более ранние (Сальников В.Г. и др., 2015)

Продолжительность залегания снежного покрова в северном Казахстане является одной из важных его характеристик, информация о которой используется как в оперативной практике, так и при решении различных научно-прикладных задач.

Средняя продолжительность залегания снежного покрова составляет 145 суток, изменяясь с севера на юг от 150 до 116 суток (Турулина Г.К., 2013).

**Влажность воздуха.** Недостаточная увлажненность территории Есильского водохозяйственного бассейна проявляется не только в малом количестве атмосферных осадков, но и в низкой влажности воздуха. Абсолютная влажность воздуха в среднем за год составляет около 6 г/м<sup>3</sup>, а дефицит влажности 4...5 г/м<sup>3</sup>. Минимального значения влажность воздуха достигает в январе – феврале (1,5...1,7 г/м<sup>3</sup>), максимального – в июле (12...14 г/м<sup>3</sup>). Наименьшей абсолютная влажность бывает в летние месяцы, наибольшей – зимой.

**Облачность.** На зимние месяцы приходится и наибольшее число облачных дней. В среднем за зиму облачность составляет около 60 %. В теплую часть года преобладает безоблачная погода или с незначительной облачностью (Утешев А.С., 1959).

Целью исследования является оценка изменения годовой и сезонной температуры воздуха и количества осадков, а также интенсивности их изменения за периоды 1961...1990 гг. и 1991...2020 гг.

Объект исследования: река Есиль берет начало в Карагандинской области из родников в горах Нияз, расположенных на северной окраине Казахского мелкосопочника. До 62-го километра она протекает по Карагандинской области, далее пересекает Акмолинскую и

Северо-Казахстанскую области. Кар- станций Есильского водохозяйствен- та расположения метеорологических ного бассейна показана на рисунке 1.

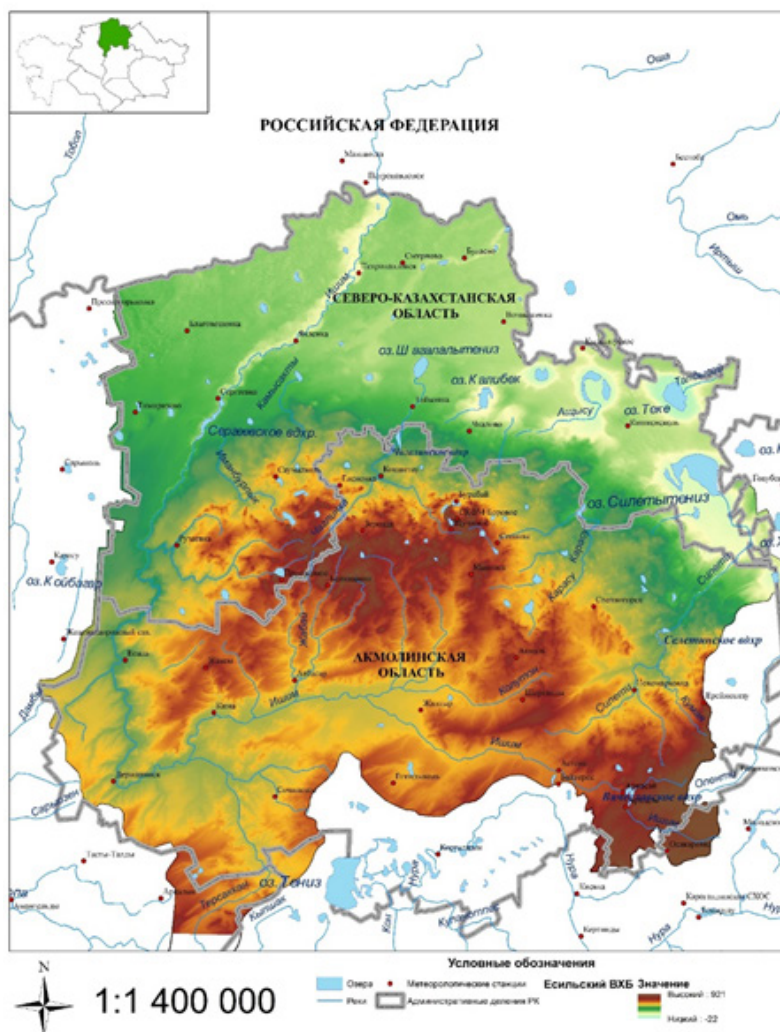


Рис. 1. Карта расположения метеорологических станций Есильского водохозяйственного бассейна

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе использованы данные Государственного гидрометеорологического фонда РГП «Казгидромет» о месячной и годовой температуре воздуха и количестве осадков за период 1991...2020 гг., об относительной влажности за период 1991...2020 гг., о дефиците насыщения за период 1981...2010 гг., о скорости и направлениях ветра за период 1966...2000 гг. В исследовании использованы методы статистического анализа временных рядов.

Проведен сравнительный анализ статистических характеристик средних по территории водохозяйственного бассейна температуры воздуха и количества осадков за два

последовательных периода: 1961...1990 гг. и 1991...2020 гг. В соответствии с определениями Всемирной метеорологической организации (ВМО, 2017), средние климатологические данные, рассчитанные за 30-летние периоды: с 1 января 1991 г. по 31 декабря 2020 г. являются климатологическими стандартными нормами. Средние значения, используемые в качестве контрольной точки для оценки изменения климата, называются «опорные нормы».

В качестве оценки изменений в температуре воздуха и количестве осадков за определенный интервал времени использованы коэффициенты линейных трендов, определяемые по методу наименьших квадратов. Мера существенности тренда – коэффициент детерминации,

характеризует вклад трендовой составляющей в полную дисперсию климатической переменной за рассматриваемый период времени (в процентах).

Оценка достоверности полученных результатов осуществлялась с помощью критерия t Стьюдента в случае определения существенности разницы между опорными нормами за 1961...1990 гг. и стандартными нормами за 1991...2020 гг. температуры воздуха, а также для определения, является ли случайным значение коэффициента A, характеризующего наклон линейной тенденции. Для оценки существенности разницы между опорными нормами и стандартными нормами количества осадков использовался непараметрический критерий U Манна-Уитни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В январе, наиболее холодном месяце года, средняя многолетняя температура

воздуха Есильского бассейна колеблется от минус 16,9 °С до минус 14,3 °С в Казахском мелкосопочнике и от минус 17,3 °С до минус 15,0 °С на Ишимско-Барабинской равнине.

Июль – самый жаркий месяц года, средняя месячная температура изменяется от 18,2 °С до 20,6 °С на территории Казахского мелкосопочника. На Ишимско-Барабинской равнине амплитуда колебания температуры составляет всего 0,9 °С и колеблется от 19,4 до 20,3 °С (таблица 1, рисунок 2). Повышение средней многолетней температуры от января к февралю повсеместно незначительное, поскольку циркуляционные и радиационные условия этих месяцев близки между собой. От февраля к марту с увеличением прихода солнечной радиации отмечается заметное повышение температуры воздуха. Характерным для апреля является наибольшее в году повышение температуры, что вызвано сменой отрицательного радиационного баланса на положительный (Утешев А.С., 1959).

Таблица 1

Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С) по данным метеорологических станций на территории Есильского бассейна бассейна, осредненная за период 1991...2020 гг.

Метеостанция	Высота, м н.у.м.	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Казахский мелкосопочник														
Акколь	383	-15,8	-14,6	-7,2	5,0	13,1	18,2	19,2	17,5	11,0	3,8	-6,4	-13,2	2,6
Аршалы	426	-15,4	-14,6	-7,0	5,4	13,4	18,6	19,6	18,1	11,6	4,0	-6,2	-13,0	2,9
Астана	349	-14,5	-13,6	-6,0	6,5	14,5	19,6	20,6	19,1	12,6	5,0	-5,2	-12,0	3,9
Атбасар	302	-16,9	-15,8	-8,3	4,9	13,7	18,8	19,9	18,3	11,7	4,1	-6,6	-14,0	2,5
Балкашино	398	-16,4	-15,1	-7,9	3,6	12,3	17,2	18,2	16,4	10,2	3,1	-7,1	-13,9	1,7
Ерейментау	397	-14,7	-13,7	-6,4	5,4	13,1	18,4	19,6	18,1	11,7	4,4	-6,1	-12,2	3,1
Есиль	219	-15,5	-14,5	-6,8	5,9	14,5	19,5	20,6	19,0	12,3	4,7	-5,7	-12,9	3,4
Жаксы	386	-15,8	-14,9	-7,8	4,7	13,6	18,7	19,7	18,3	11,8	4,1	-6,5	-13,2	2,7
Жалтыр	304	-16,0	-15,0	-7,5	5,5	14,1	19,3	20,2	18,6	12,1	4,5	-6,0	-13,2	3,1
Железнодорожный	252	-16,1	-15,2	-7,9	4,9	14,0	19,3	20,4	18,8	12,1	4,2	-6,2	-13,5	2,9
Кокшетау	228	-14,3	-13,1	-5,7	5,1	13,5	18,6	19,6	17,9	11,8	4,7	-5,5	-11,8	3,4
Рузаевка	226	-15,6	-14,7	-7,3	4,8	13,7	18,7	19,8	18,0	11,6	4,1	-6,2	-13,2	2,8
Саумалколь	315	-15,2	-14,0	-6,8	4,4	13,0	17,7	18,7	17,0	10,9	3,8	-6,5	-13,0	2,5
СКФМ «Боровое»	352	-14,5	-13,0	-5,9	4,9	12,5	17,5	18,6	16,9	10,7	3,7	-6,1	-12,0	2,8
Щучинск	393	-15,9	-14,8	-7,4	4,2	12,3	17,4	18,5	16,6	10,4	3,3	-7,0	-13,5	2,0
Ишимско-Барабинская равнина														
Явленка	113	-15,8	-14,9	-6,6	4,9	13,5	18,4	19,4	17,4	11,3	4,0	-6,3	-13,2	2,7
Благовещенка	150	-16,5	-15,1	-7,4	4,3	13,2	18,3	19,6	17,5	11,2	4,0	-6,4	-13,6	2,4
Возвышенка	125	-17,3	-15,7	-8,1	4,2	13,0	18,1	19,4	17,2	10,8	3,6	-7,2	-14,1	2,0
Кишкенеколь	137	-17,3	-15,5	-7,6	5,0	13,5	19,0	20,3	18,1	11,5	4,0	-6,8	-14,0	2,5
Петропавловск	140	-16,5	-14,8	-7,0	4,5	13,3	18,1	19,5	17,3	11,0	4,0	-6,6	-13,7	2,4
Пресногорьковка	160	-16,3	-15,1	-7,7	4,2	13,3	18,3	19,8	17,7	11,3	3,9	-6,2	-13,6	2,5
Сергеевка	153	-16,2	-14,9	-7,3	4,7	13,7	18,6	19,8	17,8	11,5	4,3	-6,3	-13,4	2,7
Тайынша	155	-15,6	-14,1	-6,4	5,4	13,6	18,7	19,8	17,8	11,5	4,3	-6,1	-12,7	3,0
Тимириязово	171	-16,1	-15,0	-7,5	4,7	13,7	18,8	19,9	18,0	11,6	4,2	-6,2	-13,3	2,7
Чкалово	165	-15,0	-13,7	-6,0	5,8	13,7	18,8	19,8	17,8	11,6	4,5	-5,9	-12,2	3,3

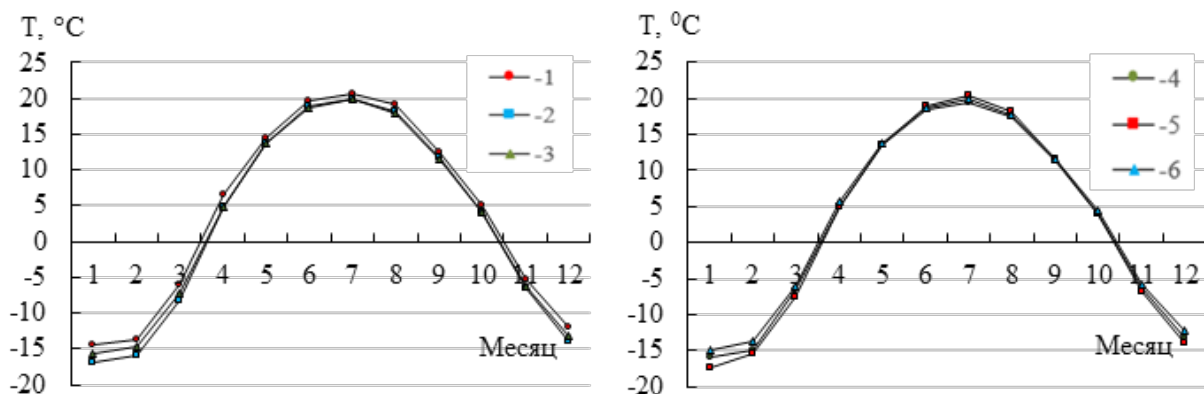


Рис. 2. Внутригодовой ход температуры воздуха (°C) по данным отдельных метеорологических станций на территории Есильского бассейна.

1 – Астана, 2 – Атбасар, 3 – Рузаевка, 4 – Явленка, 5 – Кишкенеколь, 6 – Чкалово.

Нарастание тепла в весенний сезон происходит очень быстро, примерно через 10 дней после перехода через 0 °C температура воздуха достигает 5 °C. Осенью переход температуры воздуха через 0 °C происходит в среднем 22...25 октября.

Установление зимы носит более затяжной характер (Мустафаев Ж.С. и др., 2018).

**Осадки.** Среднее годовое количество осадков колеблется от 284 до 458 мм. В течении года осадки распределяются очень неравномерно (таблица 2).

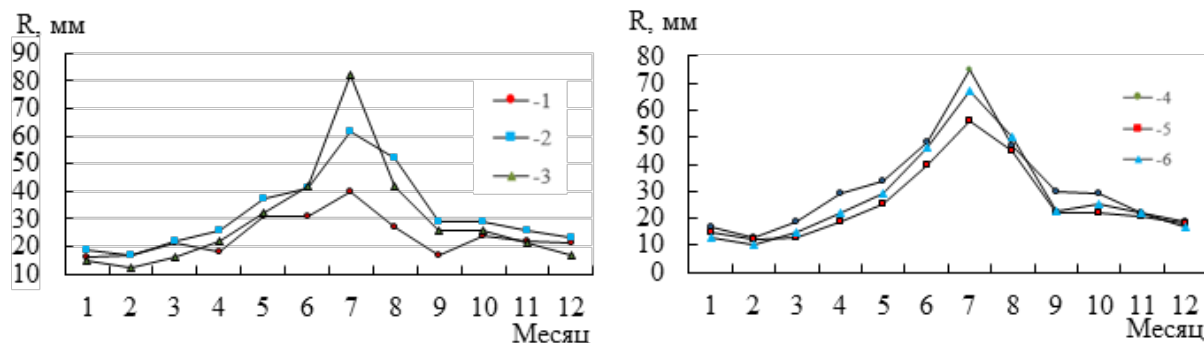
Таблица 2

Месячная и годовая сумма осадков (мм) по данным метеорологических станций на территории Есильского бассейна, осредненная за период 1991...2020 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Казахский мелкосопочник													
Акколь	20	17	20	28	33	42	72	40	24	32	29	27	383
Аршалы	16	16	18	22	33	40	55	31	21	25	26	21	324
Астана	18	17	20	22	33	40	56	31	21	26	29	25	337
Атбасар	19	17	19	20	28	41	49	30	19	24	22	24	312
Балкашино	26	21	25	26	38	45	74	43	26	32	33	29	418
Ерейментау	22	19	19	23	38	50	69	41	30	30	24	24	389
Есиль	13	12	15	19	33	36	52	29	17	22	22	18	287
Жаксы	23	23	20	20	24	28	42	28	20	23	25	28	306
Жалтыр	20	17	19	22	30	41	53	34	20	24	26	23	330
Железнодорожный	16	17	21	18	31	31	40	27	17	24	22	21	284
Кокшетау	12	11	13	19	26	43	72	44	23	22	18	15	319
Рузаевка	20	17	20	27	40	35	58	42	23	31	31	24	367
Саумалколь	25	21	25	30	39	47	81	52	34	40	36	31	458
Сергеевка	19	17	22	26	37	41	62	52	29	29	26	23	383
СКФМ «Боровое»	11	10	15	22	34	40	78	41	25	26	21	14	337
Щучинск	15	12	16	22	32	42	82	42	26	26	21	17	352
Ишимско-Барабинская равнина													
Явленка	17	13	19	29	34	48	75	47	30	29	22	19	382
Благовещенка	16	13	18	24	30	46	61	45	33	29	24	18	355
Возвышенка	12	11	13	20	28	49	65	47	26	26	22	15	334
Кишкенеколь	15	12	13	19	25	40	56	45	22	22	21	18	309
Петропавловск	19	16	20	24	33	45	69	45	31	30	30	25	387
Пресногорьковка	15	13	16	22	33	42	59	56	31	31	25	19	361
Тайынша	14	11	15	23	27	47	65	51	27	27	22	17	344
Тимирязево	14	12	19	25	28	42	60	50	28	30	22	19	348
Чкалово	13	10	15	22	29	46	67	50	23	25	22	17	339

Максимальное количество осадков в период 1991...2020 гг. по всем метеостанциям Есильского бассейна приходится на

июль месяц и колеблется от 40 до 82 мм. Минимальное количество осадков выпадает в феврале - от 10 до 23 мм (рисунок 3).



**Рис. 3.** Внутригодовой ход распределения атмосферных осадков (мм) по данным отдельных метеорологических станций на территории Есильского бассейна. 1 – Железнодорожный, 2 – Сергеевка, 3 – Шучинск, 4 – Явленка, 5 – Кишкенеколь, 6 – Чкалово.

На холодную часть года (ноябрь... март) приходится только 25...30 % годовой суммы осадков. В районах Казахского мелкосопочника среднее многолетнее количество осадков составляет от 10 до 36 мм, а в Ишимско-Барабинской равнине от 11 до 30 мм.

В течение теплого сезона среднее многолетнее количество осадков составляет от 24 до 82 мм и от 19 до 75 мм соответственно.

В таблицах 3...6 приведены средние месячные и годовые показатели относительной влажности воздуха, дефицита насыщения, скорости и направления ветра,

Наибольшая относительная влажность воздуха отмечается в холодный период (до 85 %), наименьшая – в теплый период (51 %) (таблица 3, рисунок 4).

Таблица 3

Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха (%) по данным метеорологических станций на территории Есильского бассейна, осредненная за период 1991...2020 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Казахский мелкосопочник													
Акколь	80	80	81	67	56	56	63	62	63	71	82	81	70
Аршалы	79	79	81	67	56	54	60	57	58	70	81	80	69
Астана	78	77	79	64	54	53	59	57	58	68	80	79	67
Атбасар	82	82	84	70	56	54	60	58	59	70	84	83	70
Балкашино	81	79	80	70	58	59	66	65	66	73	83	82	72
Ерейментау	80	80	81	65	56	55	60	59	60	69	79	79	69
Есиль	80	79	82	69	55	52	58	57	59	69	81	81	69
Жаксы	83	82	85	70	53	51	57	56	58	68	85	84	69
Жалтыр	79	79	82	68	54	53	59	57	58	68	80	80	68
Железнодорожный	81	80	84	71	56	52	59	57	59	70	83	82	70
Кокшетау	76	76	76	65	57	58	65	66	65	71	78	76	69
Рузаевка	78	77	78	69	58	56	63	63	64	71	80	78	70
Саумалколь	80	79	79	70	58	60	69	69	68	74	82	81	72
Сергеевка	82	82	83	70	55	57	65	66	67	74	82	82	72
СКФМ «Боровое»	77	74	73	61	56	58	64	65	65	69	78	77	68
Шучинск	80	79	79	67	57	58	65	65	66	72	81	81	71
Ишимско-Барабинская равнина													
Благовещенка	79	79	81	71	59	60	67	69	70	75	81	80	73
Возвышенка	81	81	83	72	58	60	68	69	70	76	84	81	74
Кишкенеколь	81	81	83	70	56	55	61	63	65	74	82	81	71
Петропавловск	82	81	81	70	58	63	70	72	72	77	84	83	74
Пресногорьковка	81	79	80	68	57	59	66	67	68	74	81	81	72
Тайынша	77	77	79	64	52	54	63	64	63	70	77	77	68
Тимирязево	80	80	82	71	58	58	66	66	66	74	83	81	72
Чкалово	79	78	79	64	54	56	64	65	65	71	79	79	69

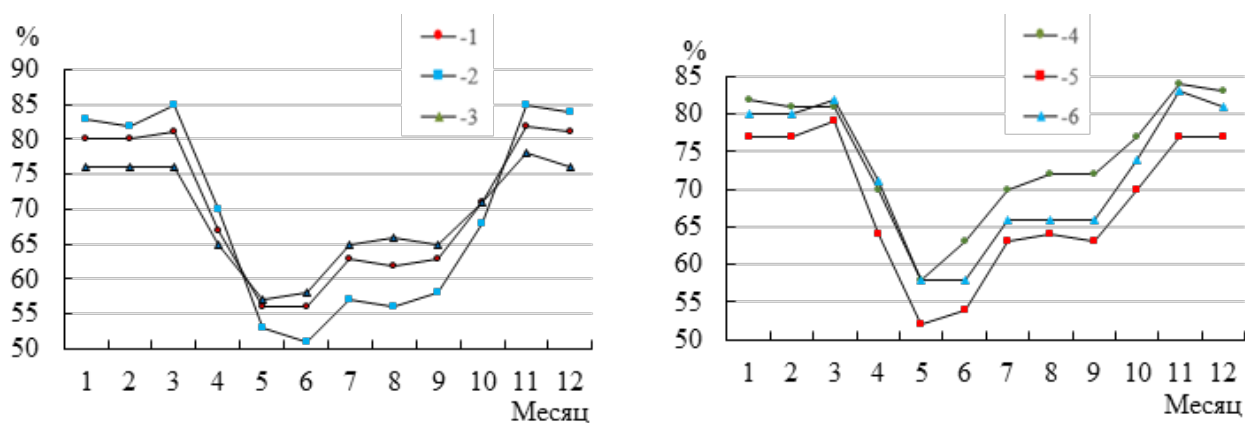


Рис. 4. Внутригодовой ход распределения относительной влажности воздуха (%) по данным отдельных метеорологических станций на территории Есильского бассейна.

1 – Акколь, 2 – Жаксы, 3 – Кокшетау, 4 – Петропавловск, 5 – Тайынша, 6 – Тимирязево.

Средний годовой дефицит влажности воздуха колеблется от 3,8...5,4 гПа. В холодный период года на большей территории он равен 0,3...1,3 гПа. В теплое время года дефицит влажности воздуха значительно колеблется в диапазоне от 2,3 до 13,5 гПа (таблица 4, рисунок 5).

Таблица 4

Средний месячный и годовой дефицит насыщения (гПа) по данным метеорологических станций на территории Есильского бассейна, осреднённый за период 1981...2010 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Казахский мелкосопочник													
Акколь	0,4	0,4	0,8	3,7	8,2	11,3	10,3	9,5	6,5	3,1	0,8	0,5	4,6
Аршалы	0,4	0,5	0,8	3,9	8,4	12,1	11,3	11,0	7,5	3,2	0,9	0,5	5,0
Астана	0,5	0,5	0,9	4,3	9,1	12,8	11,9	11,4	7,6	3,5	1,0	0,5	5,3
Атбасар	0,3	0,3	0,5	3,6	8,5	12,3	11,5	11,1	7,4	3,4	0,7	0,4	5,0
Балкашино	0,3	0,4	0,7	3,2	7,7	10,4	9,0	8,4	5,8	2,8	0,6	0,4	4,1
Ерейментау	0,5	0,5	0,8	3,9	8,3	11,5	11,0	10,5	7,2	3,4	1,0	0,6	4,9
Есиль	0,4	0,4	0,7	3,9	9,1	13,5	12,5	11,7	7,7	3,5	0,8	0,5	5,4
Жаксы	0,3	0,3	0,5	3,6	8,9	12,9	11,9	11,3	7,4	3,4	0,6	0,3	5,1
Жалтыр	0,4	0,4	0,7	3,8	9,1	13,1	12,0	11,6	7,6	3,4	0,9	0,5	5,3
Железнодорожный	0,3	0,4	0,6	3,5	8,8	13,4	12,2	11,6	7,4	3,3	0,7	0,4	5,2
Кокшетау	0,5	0,6	1,0	3,8	7,9	11,0	9,7	8,6	5,9	3,0	1,0	0,6	4,5
Рузаевка	0,5	0,5	0,8	3,6	8,2	11,9	10,5	9,7	6,4	3,1	0,9	0,5	4,7
Саумалколь	0,4	0,5	0,8	3,3	7,6	10,0	8,3	7,5	5,4	2,7	0,7	0,5	4,0
Сергеевка	0,3	0,4	0,7	3,5	8,6	11,6	10,0	8,6	5,9	2,8	0,7	0,4	4,5
СКФМ «Боровое»	0,6	0,7	1,3	4,2	8,1	10,4	9,5	8,4	6,0	3,2	1,0	0,6	4,5
Щучинск	0,4	0,4	0,8	3,5	7,8	10,4	9,2	8,2	5,7	2,8	0,7	0,4	4,2
Ишимско-Барабинская равнина													
Благовещенка	0,4	0,4	0,7	3,2	7,7	10,6	9,5	7,9	5,2	2,5	0,8	0,5	4,1
Возвышенка	0,3	0,3	0,6	3,1	7,9	10,5	9,0	7,6	5,1	2,4	0,6	0,4	4,0
Кишкенеколь	0,3	0,4	0,6	3,4	8,4	12,1	11,1	9,2	5,9	2,7	0,7	0,4	4,6
Петропавловск	0,3	0,4	0,8	3,3	7,7	9,6	8,4	6,8	4,6	2,3	0,6	0,4	3,8
Пресногорьковка	0,4	0,4	0,7	3,5	8,0	10,8	9,7	8,2	5,4	2,6	0,8	0,4	4,2
Тайынша	0,5	0,5	0,9	4,2	9,1	12,4	10,5	9,1	6,4	3,2	1,0	0,6	4,9
Тимирязево	0,4	0,4	0,7	3,4	8,1	11,3	9,8	8,8	6,0	2,7	0,7	0,5	4,4
Чкалово	0,5	0,5	0,9	4,3	8,9	11,9	10,2	8,9	6,2	3,2	0,9	0,6	4,8

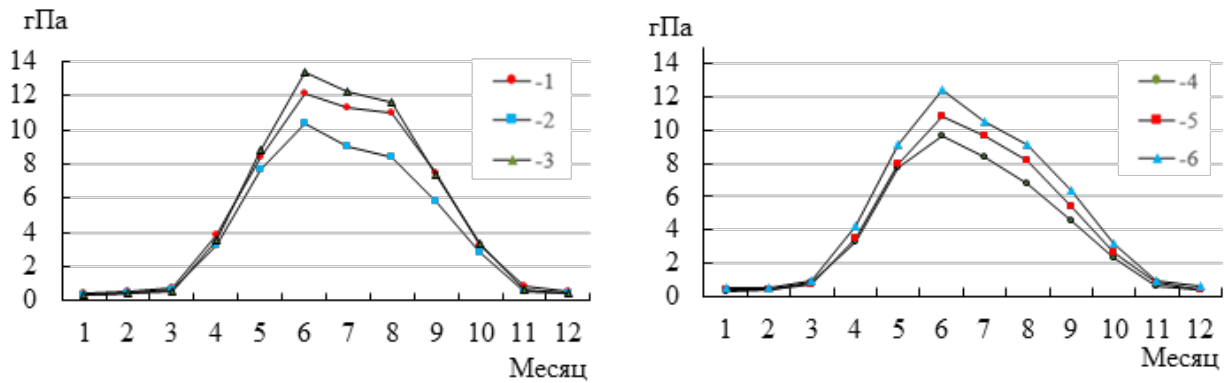


Рис. 5. Внутригодовой ход распределения дефицита насыщения (гПа) по данным отдельных метеорологических станций на территории Есильского бассейна.

1 – Аршалы, 2 – Балкашино, 3 – Железнодорожный, 4 – Петропавловск, 5 – Пресногорьковка, 6 – Тайынша.

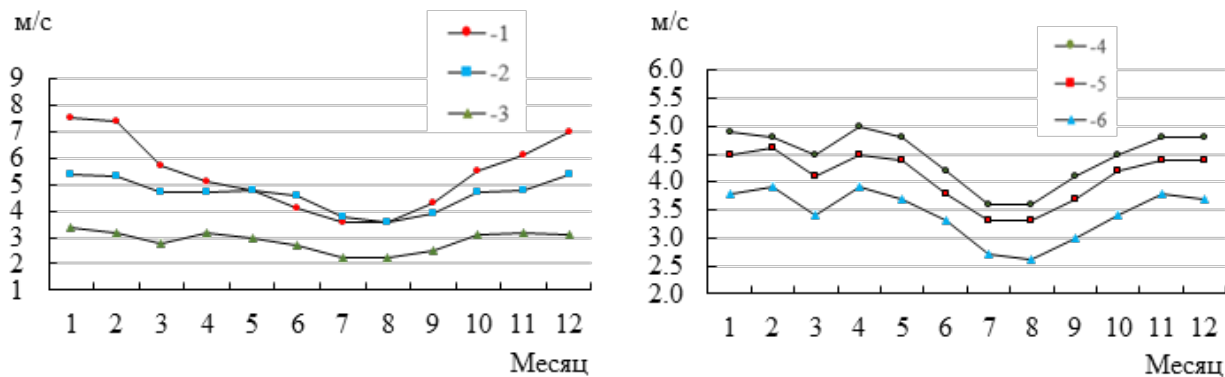
Средняя годовая скорость ветра колеблется в пределах 2,9...5,4 м/с, преобладающее направление ветров (40 % случаев за год) юго-западное (таблицы 5 и 6, рисунки 6 и 7). Максимальная скорость ветра отмечается в холодный период года в пределах 5,4...7,5 м/с (по шкале Бофорта относится к умеренным ветрам), минимальная скорость ветра наблюдается в пределах 2,2...3,2 м/с.

Таблица 5

Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) по данным метеорологических станций Есильского бассейна, осредненная за период 1966...2000 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Казахский мелкосопочник													
Акколь	4,0	4,1	3,5	3,7	3,8	3,3	2,9	2,9	3,2	3,8	3,9	3,9	3,6
Аршалы	3,7	3,7	3,2	3,7	3,6	3,0	2,6	2,6	3,2	3,7	3,7	3,7	3,4
Астана	4,2	4,2	3,9	4,0	3,9	3,4	3,2	3,1	3,3	4,0	4,0	3,9	3,8
Атбасар	5,2	5,2	4,7	5,1	5,1	4,7	4,3	4,2	4,6	5,0	5,0	5,1	4,8
Балкашино	3,6	3,9	3,7	4,0	3,9	3,4	2,9	2,9	3,2	3,8	3,8	3,6	3,6
Ерейментау	7,5	7,4	5,7	5,1	4,8	4,1	3,6	3,6	4,3	5,5	6,1	7,0	5,4
Есиль	4,0	4,1	3,8	4,4	4,3	4,3	4,0	3,8	3,8	4,0	3,8	3,9	4,0
Жаксы	4,3	4,3	3,9	3,6	3,6	3,4	2,9	2,9	3,2	3,5	3,9	4,1	3,6
Жалтыр	4,5	4,5	3,9	4,0	4,0	3,6	3,1	3,1	3,4	4,0	4,1	4,1	3,8
Железнодорожный	5,4	5,3	4,7	4,7	4,8	4,6	3,8	3,6	3,9	4,7	4,8	5,4	4,6
Кокшетау	4,8	4,9	4,2	4,7	4,7	4,2	3,6	3,6	4,2	4,9	5,0	4,8	4,5
Рузаевка	3,4	3,2	2,8	3,2	3,0	2,7	2,2	2,2	2,5	3,1	3,2	3,1	2,9
Саумалколь	3,8	4,0	3,4	3,7	3,4	3,0	2,6	2,6	3,0	3,6	3,8	3,9	3,4
Сергеевка	4,5	4,5	4,0	4,1	3,9	3,4	2,7	2,8	3,4	3,9	4,3	4,5	3,8
СКФМ «Боровое»	4,3	4,2	3,4	4,1	3,5	3,0	2,8	3,0	3,3	3,6	3,6	4,2	3,6
Щучинск	3,2	3,3	3,0	3,7	3,6	3,3	2,8	2,6	3,0	3,4	3,3	3,1	3,2
Ишимско-Барабинская равнина													
Благовещенка	4,2	4,2	3,6	4,0	3,9	3,4	2,9	2,9	3,4	3,9	4,0	4,1	3,7
Возвышенка	4,5	4,5	3,9	4,5	4,3	3,7	3,0	3,1	3,6	4,1	4,5	4,6	4,0
Петропавловск	4,9	4,8	4,5	5,0	4,8	4,2	3,6	3,6	4,1	4,5	4,8	4,8	4,5
Пресногорьковка	4,5	4,6	4,1	4,5	4,4	3,8	3,3	3,3	3,7	4,2	4,4	4,4	4,1
Тайынша	4,6	4,7	4,1	4,8	4,7	4,4	3,6	3,6	3,9	4,2	4,4	4,5	4,3
Тимирязево	4,6	4,7	4,0	4,3	4,3	3,6	3,2	3,1	3,5	4,0	4,3	4,4	4,0
Чкалово	3,8	3,9	3,4	3,9	3,7	3,3	2,7	2,6	3,0	3,4	3,8	3,7	3,4





**Рис. 6.** Внутригодовой ход распределения скорости ветра (м/с) по данным отдельных метеорологических станций на территории Есильского бассейна.  
1 – Ерейментау, 2 – Железнодорожный, 3 – Рузаевка, 4 – Петропавловск, 5 – Пресногорьковка, 6 – Чкалово.

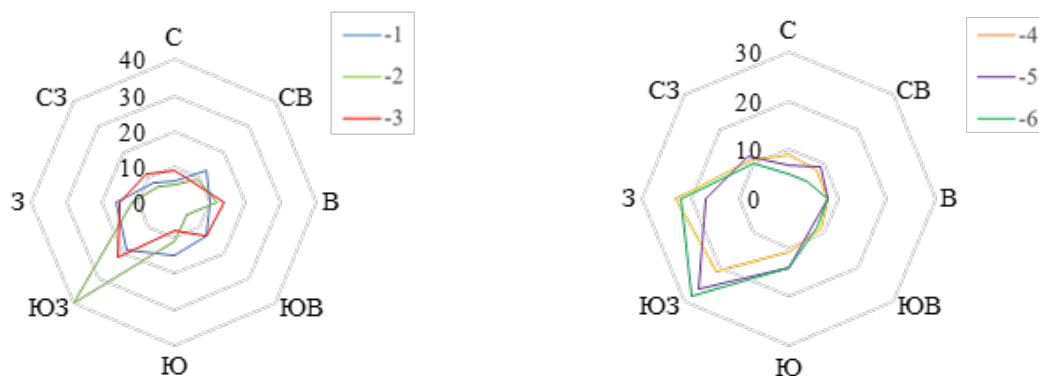
Таблица 6

Повторяемость направлений ветра и штилей (%) по данным метеорологических станций Есильского бассейна, осредненная за период 1966...2000 гг.

Метеостанция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Казахский мелкосопочник									
Акколь	11	9	7	5	14	26	20	8	18
Аршалы	9	9	6	11	23	21	14	7	3
Астана	6	13	10	13	15	19	16	8	5
Атбасар	10	10	11	8	13	21	14	13	6
Балкашино	14	9	5	6	17	24	15	10	23
Ерейментау	5	9	12	5	11	40	12	6	14
Есиль	8	11	10	10	16	25	10	10	13
Жаксы	9	8	14	13	8	22	15	11	12
Жалтыр	8	12	10	10	18	19	15	8	9
Железнодорожный	11	9	8	9	14	25	14	10	12
Кокшетау	6	5	8	8	15	31	18	9	6
Рузаевка	11	10	4	11	18	27	11	9	31
Саумалколь	8	11	8	6	11	29	17	10	11
Сергеевка	8	11	7	6	20	25	14	9	9
СКФМ "Боровое"	5	5	6	5	22	29	16	12	14
Щучинск	9	11	8	9	16	19	16	12	26
Ишимско-Барабинская равнина									
Благовещенка	9	8	9	7	15	25	16	11	12
Возвышенка	9	8	8	9	11	21	23	11	12
Петропавловск	7	6	11	10	13	27	15	11	6
Пресногорьковка	7	9	8	7	14	26	17	12	6
Тайынша	8	6	9	6	16	25	22	8	7
Тимирязево	9	9	8	7	14	24	17	12	15
Чкалово	5	5	8	8	14	28	22	10	17

Изменение температурного режима на территории Есильского водохозяйственного бассейна характеризуется повышением температуры приземного воздуха. Об этом свидетельствуют данные сопоставления средних

многолетних значений температуры (норм), рассчитанных за два последовательных 30-летних периода (таблица 7) в среднем для территории бассейна: 1961...1991 гг. и 1991...2020 гг.



**Рис. 7.** Повторяемость направлений ветра (%) по данным отдельных метеорологических станций на территории Есильского бассейна. 1 – Астана, 2 – Ерейментау, 3 – Жаксы, 4 – Возвышенка, 5 – Пресногорьковка, 6 – Чкалово.

Таблица 7

Статистические характеристики средней по территории Есильского водохозяйственного бассейна температуры приземного воздуха: Тср. – среднее многолетнее значение, °С;  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение, °С;  $\Delta$  – разность между средними многолетними значениями за период 1991...2020 гг. и 1961...1990 гг.

Период года	Климатическая норма за период				$\Delta$ , °С
	1961...1990 гг., °С		1991...2020 гг., °С		
	Тср., °С	$\sigma$ , °С	Тср., °С	$\sigma$ , °С	
январь	-16,6	±4,51	-15,9	±3,98	0,7
февраль	-16,2	±3,29	-14,6	±3,86	1,5
март	-8,7	±2,98	-7,1	±3,45	1,6
апрель	4,0	±2,81	4,9	±2,71	0,9
май	12,4	±2,02	13,4	±1,75	1,0
июнь	18,2	±1,53	18,4	±1,88	0,2
июль	20,1	±1,64	19,5	±1,67	-0,6
август	16,8	±1,50	17,7	±1,75	<b>1,0</b>
сентябрь	11,2	±1,60	11,4	±1,50	0,2
октябрь	2,2	±2,05	4,1	±1,92	<b>1,9</b>
ноябрь	-6,7	±2,94	-6,3	±3,85	0,4
декабрь	-13,3	±4,12	-13,2	±3,34	0,1
зима	-15,4	±2,87	-14,5	±2,76	0,8
весна	2,6	±1,85	3,7	±1,89	<b>1,2</b>
лето	18,4	±1,09	18,6	±1,06	0,2
осень	2,2	±1,51	3,0	±1,71	0,8
ТП	12,1	±0,86	12,8	±0,91	<b>0,7</b>
ХП	-12,3	±2,34	-11,4	±1,98	0,9
год	1,9	±1,11	2,7	±0,92	<b>0,7</b>

Примечание: Жирным шрифтом выделены статистически значимые значения разности по критерию t Стьюдента

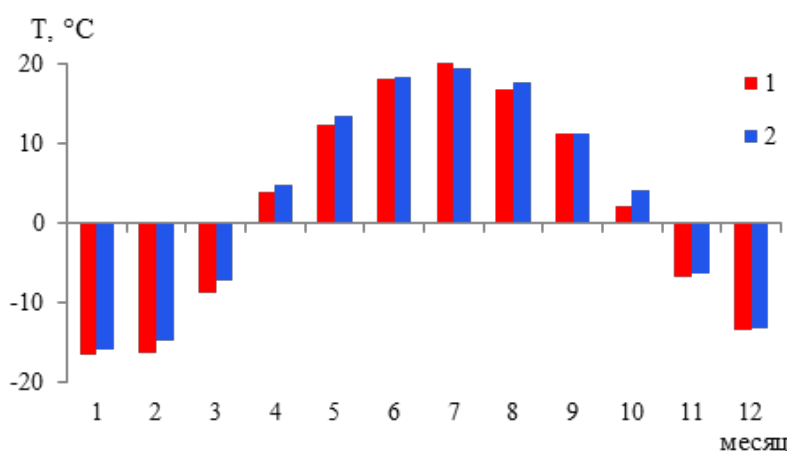
В последний из рассмотренных 30 летний период средние месячные и сезонные температуры воздуха превысили аналогичные температуры в предшествующий 30 летний период. Исключение составляет июль, температура которого в последний период понизилась относительно предшествующего на 0,6 °С. Наиболее значительное повышение произошло в октябре – на 1,9 °С,

в феврале и марте – на 1,5...1,6 °С, а также в мае и в августе – на 1,0 °С, в остальные месяцы изменение варьирует от 0,1 до 0,9 °С. Разность в средних многолетних температурах августа и октября статистически значимая. Наибольшая изменчивость температуры воздуха характерна для января...февраля и ноября...декабря.

Повышение средних сезонных температур и средних за теплый и холодный периоды (ТП и ХП) варьирует от 0,2 °С летом до 1,2 °С весной. Повышение температуры весеннего сезона на 1,2 °С является статистически значимым. Средние температуры

за теплый и холодный периоды повысились на 0,7°С и 0,9 °С соответственно, средняя годовая на 0,7 °С. Разность температур за теплый период и год статистически значимая. В холодный период года изменчивость средней температуры воздуха значительно выше, чем в теплый, но разность средних температур статистически незначима.

Для наглядности на рисунке 8 представлено сопоставление норм средних по территории Есильского водохозяйственного бассейна месячных температур приземного воздуха за два последовательных периода: 1961...1990 гг. и 1991...2020 гг.



**Рис. 8.** Нормы средней по территории Есильского водохозяйственного бассейна средней месячной температуры приземного воздуха за два последовательных периода 1961...1990 гг. и 1991...2020 гг.

В среднем по территории Есильского водохозяйственного бассейна месячные суммы атмосферных осадков увеличились с января по апрель (наибольшее и статистически значимое увеличение в феврале и марте – на 17,9 и 38,8 %), в июне...июле (на 9,3 и 10,0 % соответственно), в ноябре...декабре (максимально в декабре – на 24,8 %). Количество осадков уменьшилось в мае и в период с августа по октябрь, наибольшее сокращение количества осадков отмечено в сентябре и октябре (на 7,3 и 10,9 % соответственно).

В сезонном разрешении несколько сократилось количество осенних осадков, в остальные сезоны и теплый, и холодный периоды (ТП и ХП) увеличилось на 2,0...17,1 %. Наибольшее и статистически значимое увеличение осадков произошло в холодный период, зимой и вес-

ной (таблица 8). Значение изменчивости количества выпавших осадков было максимальным летом, осенью, в теплый период.

На рисунке 9 представлены нормы среднего по территории Есильского водохозяйственного бассейна месячной суммы осадков за два последовательных периода 1961...1990 гг. и 1991...2020 гг.

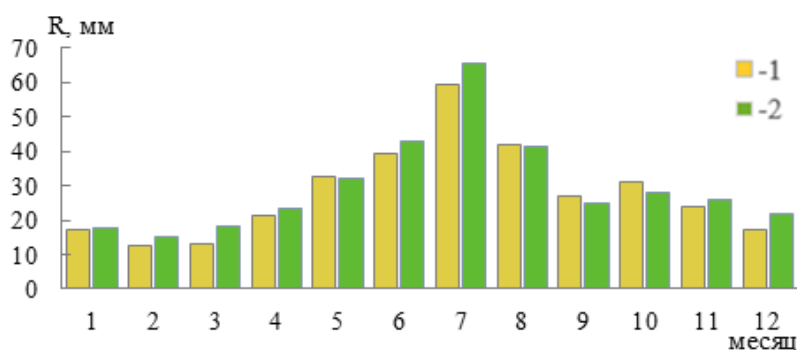
В таблице 9 представлены статистические характеристики линейной тенденции средних по территории Есильского водохозяйственного бассейна температуры приземного воздуха и количества осадков. На рисунке 10 представлен временной ряд, скользящие 11 летние средние за период 1941...2021 гг. и линейный тренд за период 1976...2021 гг. средних по территории Есильского водохозяйственного бассейна средней месячной температуры

приземного воздуха и количества осадков.

Таблица 8

Статистические характеристики среднего по территории Есильского водохозяйственного бассейна количества осадков: Рср. – среднее многолетнее значение, мм;  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение, мм;  $\Delta$  – разность между средними многолетними значениями за период 1991...2020 гг. и 1961...1990 гг. в мм и в % к норме за 1961...2010 гг.

Период года	1961...1990 гг., мм		1991...2020 гг., мм		$\Delta$ , мм	$\Delta$ , % к норме за 1961...2010 гг.
	Рср., мм	$\sigma$ , мм	Рср., мм	$\sigma$ , мм		
январь	17,1	±8,95	17,6	±8,74	0,5	3,1
февраль	12,8	±6,66	15,1	±7,25	<b>2,3</b>	<b>17,9</b>
март	13,2	±6,33	18,3	±9,10	<b>5,1</b>	<b>38,8</b>
апрель	21,5	±11,47	23,6	±11,84	2,2	10,1
май	32,9	±11,73	32,4	±15,62	-0,5	-1,5
июнь	39,3	±19,18	43,0	±19,69	3,6	9,3
июль	59,5	±29,32	65,4	±27,10	5,9	10,0
август	41,8	±17,97	41,2	±24,67	-0,5	-1,3
сентябрь	27,1	±11,38	25,2	±10,28	-2,0	-7,3
октябрь	31,2	±17,24	27,8	±12,23	-3,4	-10,9
ноябрь	24,0	±11,44	25,7	±10,51	1,8	7,4
декабрь	17,5	±8,84	21,8	±11,13	<b>4,3</b>	<b>24,8</b>
зима	47,4	±15,61	55,0	±18,18	<b>7,6</b>	<b>15,9</b>
весна	67,5	±15,81	74,3	±21,29	<b>6,8</b>	<b>10,0</b>
лето	140,6	±41,75	149,6	±47,41	9,0	6,4
осень	82,3	±25,09	78,7	±20,32	-3,6	-4,4
ТП	253,4	±43,95	258,3	±62,65	5,0	2,0
ХП	84,5	±21,35	99,0	±21,45	<b>14,5</b>	<b>17,1</b>
год	337,9	±48,64	356,7	±70,15	<b>18,8</b>	<b>5,6</b>



**Рис. 9.** Нормы средних по территории Есильского водохозяйственного бассейна месячных сумм осадков за два последовательных периода 1961...1990 гг. и 1991...2020 гг.  
1 – 1991...2020 гг., 2 – 1961...1990 гг.

Тенденции в температуре, рассчитанные за более длительный период с 1941 г. все положительные и в основном статистически значимые. Наиболее значительный рост температуры происходил с февраля по июнь и в октябре...ноябре – на 0,20...0,62 °C/10 лет при значениях коэффициента детермина-

ции, характеризующего долю объясненной трендовой составляющей в общей дисперсии температуры от 7 % для июня до 18 % в апреле. Также значительным был рост средней месячной температуры августа на 0,23 °C/10 лет, принимая во внимание относительно небольшую межгодовую изменчивость и

коэффициент детерминации, равный 10 %. Тенденция в температуре сентября отсутствует (коэффициент детерминации равен 0), в остальные месяцы статистические незначимое повышение температуры происходило со скоростью 0,10...0,35 °С/10 лет. Тенденции в сезонных температурах и осредненных за теплый и холодный периоды очень устойчивы – повышение температуры составляло от 0,17 °С/10 лет летом до 0,4 °С/10 лет весной при коэффициентах детерминации от 13 % (для лета) до 25 % (для ТП). Средняя годовая температура за период с 1941 по 2021 гг. повышалась со скоростью 0,29 °С/10 лет при вкладе трендовой составляющей в общую изменчивость температуры 35 %.

Период 1976...2021 гг. не включает годы с самыми низкими средними месячными и сезонными температурами, поэтому тенденции в большинстве случаев стали менее явными – значения коэффициента детерминации в диапазоне от 0 до 5 %. Исключение составляет более ускоренный рост температуры в марте на 0,97 °С/10 лет, в мае – на 0,44 °С/10 лет, в августе – на 0,38 °С/10 лет, в октябре – на 0,47 °С/10 лет, весной – на 0,64 °С/10 лет, и в теплый период – на 0,22 °С/10 лет. Средняя годовая температура за период с 1976 г. по 2021 г. повышалась со скоростью 0,29 °С/10 лет при вкладе трендовой составляющей в общую изменчивость температуры 15 %.

Таблица 9

Статистические характеристики линейной тенденции средних по территории Есильского водохозяйственного бассейна температуры приземного воздуха и количества осадков (А – угловой коэффициент в °С/10 лет и в мм/10 лет; D – коэффициент детерминации в %)

Период года	Температура воздуха				Атмосферные осадки			
	1941...2021 гг.		1976...2021 гг.		1941...2021 гг.		1976...2021 гг.	
	A, °С/10 лет	D, %	A, °С/10 лет	D, %	A, мм/10 лет	D, %	A, мм/10 лет	D, %
январь	0,20	1	-0,23	1	0,73	4	0,65	1
февраль	0,46	<b>8</b>	0,48	3	1,20	<b>14</b>	1,60	<b>9</b>
март	0,62	<b>18</b>	0,97	<b>16</b>	1,21	<b>13</b>	3,52	<b>26</b>
апрель	0,37	<b>10</b>	0,49	5	0,66	2	0,96	1
май	0,23	<b>7</b>	0,44	<b>8</b>	-0,25	0	0,29	0
июнь	0,20	<b>7</b>	-0,18	2	-0,44	0	-1,34	1
июль	0,10	2	-0,10	1	0,46	0	3,13	2
август	0,23	<b>10</b>	0,38	<b>9</b>	-1,07	1	0,56	0
сентябрь	0,04	0	0,04	0	-1,17	5	-0,49	0
октябрь	0,30	<b>12</b>	0,47	<b>8</b>	-0,01	0	-0,30	0
ноябрь	0,43	<b>8</b>	0,48	3	1,27	<b>8</b>	0,31	0
декабрь	0,35	5	0,19	1	1,10	<b>8</b>	0,56	1
зима	0,33	<b>8</b>	0,12	0	2,97	<b>17</b>	2,98	5
весна	0,41	<b>21</b>	0,64	<b>21</b>	1,60	4	4,77	<b>10</b>
лето	0,17	<b>13</b>	0,03	0	-1,02	0	2,32	0
осень	0,26	<b>13</b>	0,33	6	0,10	0	-0,51	0
ТП	0,21	<b>25</b>	0,22	<b>11</b>	-1,83	1	2,79	0
ХП	0,40	<b>17</b>	0,37	6	5,45	<b>31</b>	7,09	<b>21</b>
год	0,29	<b>35</b>	0,29	<b>15</b>	3,69	2	9,41	4

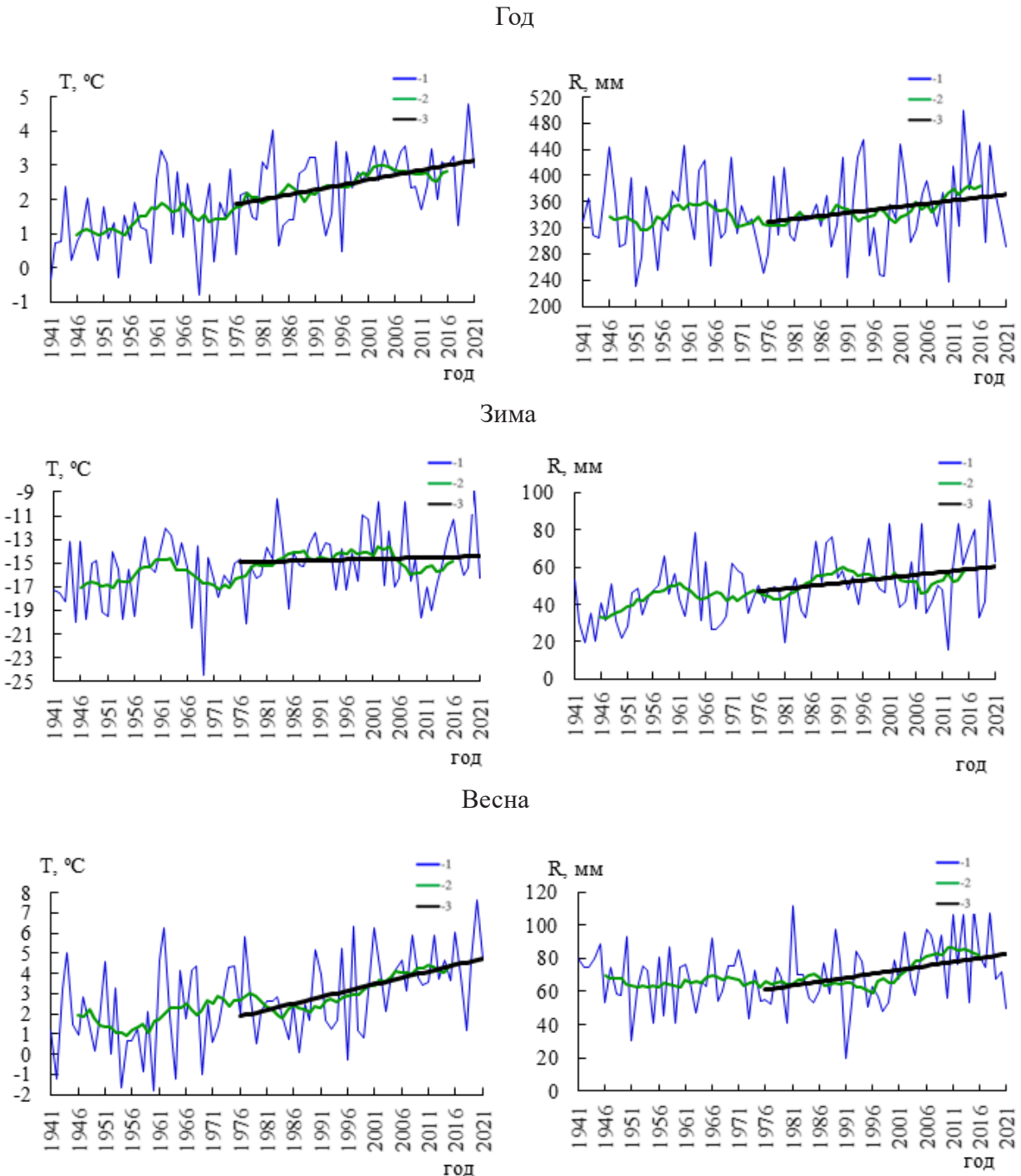
Примечание: Жирным шрифтом выделены статистически значимые значения тенденции по критерию Фишера

Как свидетельствуют очень малые значения коэффициента детерминации (от 0 до 2 %), в подавляющем большинстве случаев долгопериодные тенденции в месячном и сезонном количестве осадков отсутствуют. На-

блюдаются лишь значительные межгодовые колебания. Исключение составляют положительные тенденции, оцененные за период с 1941 г.: в феврале...марте (на 1,20...1,21 мм/10 лет

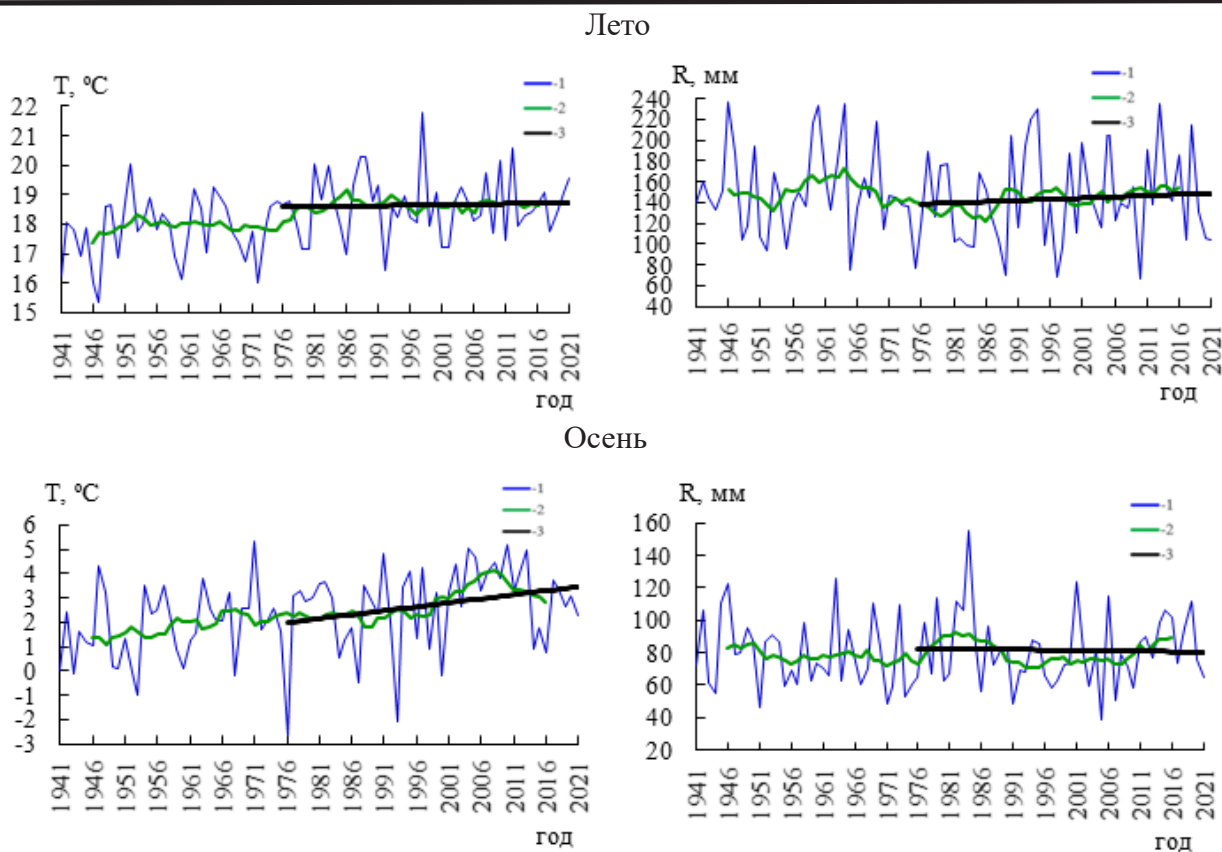
при коэффициенте детерминации 13...14 %), в ноябре...декабре (на 1,27 и 1,10 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 8 %), которые внесли свой вклад в увеличение зимних осадков (на 2,97 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 17 %) и в целом за холодный период (на 5,45 мм/10 лет

при коэффициенте детерминации 31 %). Годовое количество осадков, за период с 1941 г. по 2021 г. незначительно повышалось со скоростью 3,69 °C/10 лет при вкладе трендовой составляющей в общую изменчивость количества осадков всего 2 %.



**Рис. 10.** Временной ряд, скользящие 11 летние средние за период 1941...2021 гг. и линейный тренд за период 1976...2021 гг. средних по территории Есильского водохозяйственного бассейна средней месячной температуры приземного воздуха и количества осадков.

1 – временной ряд, 2 – скользящие 11-летние средние за период 1941...2021 гг., 3 – линейный тренд за период 1976...2021 гг. (часть 1)



**Рис. 10.** Временной ряд, скользящие 11 летние средние за период 1941...2021 гг. и линейный тренд за период 1976...2021 гг. средних по территории Есильского водохозяйственного бассейна средней месячной температуры приземного воздуха и количества осадков. 1 – временной ряд, 2 – скользящие 11-летние средние за период 1941...2021 гг., 3 – линейный тренд за период 1976...2021 гг. (часть 2)

За период с 1976 г. тенденции были значимыми только в феврале (1,60 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 9 %), в марте (3,52 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 26 %), в весенний сезон (4,77 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 10 %) и в холодный период (7,09 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 21 %). Годовое количество осадков в период с 1976 г. по 2021 г. незначительно увеличивалось со скоростью 9,41 °C/10 лет при вкладе трендовой составляющей в общую изменчивость количества осадков 4 %.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение температуры воздуха и количества осадков в данной работе оценивалось как разность между средними по территории многолетними значениями за период 1991...2020 гг. и за предшествующий период 1961...1990 гг., также были рассчитаны характеристики линейных

тенденций за длительный период с 1941 г. и за более короткий ряд лет – с 1976 г.

Динамика изменения климата Есильского водохозяйственного бассейна характеризуется сочетанием увеличения средних месячных и сезонных температур приземного воздуха и отсутствием существенных изменений в режиме осадков.

В январе, самом холодном месяце года, средняя многолетняя температура воздуха Есильского бассейна колеблется от минус 16,9 °C до минус 14,3 °C в Казахском мелкосопочнике и от минус 17,3 °C до минус 15,0 °C на Ишимско-Барабинской равнине.

Июль – самый жаркий месяц года, средняя месячная температура изменяется от 18,2 до 20,6 °C на территории Казахского мелкосопочника. На Ишимско-Барабинской равнине амплитуда колебания температуры составляет всего 0,9 °C и колеблется от 19,4 до 20,3 °C.

В период 1991...2020 гг. средние месячные и сезонные температуры воздуха превысили аналогичные температуры в период 1961...1990 гг. Исключение составляет июль, температура которого в последний период понизилась относительно предшествующего на 0,6 °С. Наиболее значительное повышение произошло в октябре – на 1,9 °С, в феврале и марте – на 1,5...1,6 °С, а также в мае и в августе – на 1,0 °С, в остальные месяцы изменение варьирует от 0,1 до 0,9 °С. Разность в средних многолетних температурах августа и октября статистически значимая. Наибольшая изменчивость температуры воздуха характерна для января...февраля и ноября...декабря.

Тенденции в температуре за период с 1941...2021 гг. все положительные и в основном статистически значимые. Наиболее значительный рост температуры происходил с февраля по июнь и в октябре...ноябре – на 0,20...0,62 °С/10 лет при значениях коэффициента детерминации, характеризующего долю объясненной трендовой составляющей в общей дисперсии температуры от 7 % для июня до 18 % в апреле.

Период 1976...2021 гг. не включает годы с самыми низкими средними месячными и сезонными температурами, поэтому тенденции в большинстве случаев стали менее явными – значения коэффициента детерминации в диапазоне от 0 до 5 %. Исключение составляет более ускоренный рост температуры в марте – на 0,97 °С/10 лет, в мае – на 0,44 °С/10 лет, в августе – на 0,38 °С/10 лет, в октябре – на 0,47 °С/10 лет, весной – на 0,64 °С/10 лет, и в теплый период – на 0,22 °С/10 лет. Средняя годовая температура за период с 1976 г. по 2021 г. повышалась со скоростью 0,29 °С/10 лет при вкладе трендовой составляющей в общую изменчивость температуры 15 %.

Изменение количества осадков на территории бассейна разнонаправленно в различные месяцы и сезоны. Максимальное количество осадков в период 1991...2020 гг. по всем метеостанциям Есильского бассейна приходится на июль месяц и колеблется от 40 до 82 мм. Минимальное количество осадков выпадает в феврале – от 10 до 23 мм.

В среднем по территории Есильского

водохозяйственного бассейна месячные суммы атмосферных осадков увеличились с января по апрель (наибольшее и статистически значимое увеличение в феврале и марте – на 17,9 и 38,8 %), в июне...июле (на 9,3 и 10,0 % соответственно), в ноябре декабре (максимально в декабре – на 24,8 %). Количество осадков уменьшилось в мае и в период с августа по октябрь, наибольшее сокращение количества осадков отмечено в сентябре и октябре (на 7,3 и 10,9 % соответственно).

В сезонном разрешении несколько сократилось количество осенних осадков, в остальные сезоны и теплый и холодный периоды увеличилось на 2,0...17,1 %. Наибольшее и статистически значимое увеличение осадков произошло в холодный период, зимой и весной. Значение изменчивости количества выпавших осадков было максимальным летом, осенью, в теплый период.

Как свидетельствуют очень малые значения коэффициента детерминации (от 0 до 2 %), в подавляющем большинстве случаев долгопериодные тенденции в месячном и сезонном количестве осадков отсутствуют.

За период с 1976 г. тенденции были значимыми только в феврале (1,60 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 9 %), в марте (3,52 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 26 %), в весенний сезон (4,77 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 10 %) и в холодный период (7,09 мм/10 лет при коэффициенте детерминации 21 %). Годовое количество осадков в период с 1976 г. по 2021 г. незначительно увеличивалось со скоростью 9,41 °С/10 лет при вкладе трендовой составляющей в общую изменчивость количества осадков 4 %.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2020 год. – Нур-Султан, 2021. – 75 с.
2. Коронкевич Н.И., Зайцева И.С. Как изменение климата влияет на Центральную Азию. Kursiv Media: <https://kz.kursiv.media/2019-09-27/kak-izmenenie-klimata-vliyaet-na-centralnuyu-aziyu/>
3. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Калмашова А.Н., Альдиярова А.Е. Формирование гидрологического режима водосбора бассейна реки Есиль, 2018. – С. 66-74.
4. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Северо - Казахстанская область Казахской ССР, 1960. – 639 с.
5. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. – Женева, ВМО № 1203, – 2017. – 32 с.
6. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Таланов Е.А., Полякова С.Е., Кауазов А.М., Воротынцев В.В. Структура многолетних колебаний образования и разрушения снежного покрова в северном Казахстане // Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – М.: 2015. – № 358. – С. 133-144.
7. Турулина Г.К., Сальников В.Г., Полякова С.Е., Муратова Н.Р. Современные тенденции продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в Северном Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 2013. – № 3. – с. 7-15.
8. Утешев А.С. Климат Казахстана. - Л.: Гидрометиздат, 1959. – 371 с.
9. Чередниченко В.С., Чередниченко А.В., Чередниченко А.В. Ожидаемые изменения климата в Северном Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 2013. – №1. – С. 7-19.

3. Mustafaev Zh.S., Kozykееva A.T., Kalmashova A.N., Al'diyarova A.E. Formirovanie gidrologicheskogo rezhima vodosbora basseina reki Esil', 2018. – P. 66-74.
4. Resursy poverkhnostnykh vod raionov osvoeniya tselinnykh i zaleznykh zemel'. Severo - Kazakhstanskaya oblast' Kazakhskoi SSR, 1960. – 639 p.
5. Rukovodyashchie ukazaniya VMO po raschetu klimaticheskikh norm. – Zheneva, VMO № 1203, – 2017. – p 32.
6. Sal'nikov V.G., Turulina G.K., Talanov E.A., Polyakova S.E., Kauazov A.M., Vorotyntseva V.V. Struktura mnogoletnykh kolebanii obrazovaniya i razrusheniya snezhnogo pokrova v severnom Kazakhstane // Trudy gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiiskoi Federatsii. – M.: 2015. – № 358. – p. 133-144.
7. Turulina G.K., Sal'nikov V.G., Polyakova S.E., Muratova N.R. Sovremennye tendentsii prodolzhitel'nosti zaleganiya ustoichivogo snezhnogo pokrova v Severnom Kazakhstane // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2013. – № 3. – p. 7-15.
8. Uteshev A.S. Klimat Kazakhstana. - L.: Gidrometizdat, 1959. – p. 371.
9. Cherednichenko V.S., Cherednichenko A.V., Cherednichenko A.V. Ozhidaemye izmeneniya klimata v Severnom Kazakhstane // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2013. – №1. – p. 7-19.

## REFERENCES

1. Ezhegodnyi byulleten' monitoringa sostoyaniya i izmeneniya klimata Kazakhstana: 2020 god. Nur-Sultan, 2021. – 75 p.
2. Koronkevich N.I., Zaitseva I.S. Kak izmenenie klimata vliyaet na Tsentral'nuyu Aziyu. Kursiv Media: [https://kz.kursiv.media/2019-09-27/kak-izmenenie-](https://kz.kursiv.media/2019-09-27/kak-izmenenie-klimata-vliyaet-na-centralnuyu-aziyu/)

**ЕСІЛ СУ-ШАРУАШЫЛЫҚ АЛАБЫНЫҢ КЛИМАТЫНЫҢ ӨЗГЕРУ  
ДИНАМИКАСЫ**

**М.А. Каратай\*, Г.Е. Турумова**

*«Қазгидромет» РМК, Астана, Қазақстан*  
*E-mail: karatay.manshuk@mail.ru*

Мақалада Климаттық параметрлер қарастырылған: ауа температурасы, жауын-шашын мөлшері, ауаның ылғалдылығы, қанығу тапшылығы, Есіл су шаруашылығы бассейнінің метеорологиялық станциялары бойынша желдің жылдамдығы мен бағыты. Олардың таралуының жылдық барысы келтірілген, статистикалық сипаттамалар есептелген, мысалы, орташа көпжылдық, орташа квадраттық ауытқу, 1961...1990 және 1991...2020 жылдардағы орташа көпжылдық мәндер арасындағы айырмашылық, сызықтық тенденцияның бұрыштық коэффициенті және анықтау коэффициенті. Бассейн аумағындағы орташа айлық жер үсті ауа температурасының нормалары және қатарынан екі кезеңдегі жауын-шашын мөлшері салыстырылды. 1941...2021 жылдар кезеңіндегі 11 жылдық орташа жылжымалы уақыт қатарлары және 1976...2021 жылдар кезеңіндегі сызықтық тренд Есіл су шаруашылығы бассейнінің аумағы бойынша орташа жер үсті ауасының айлық температурасы мен жауын-шашын мөлшері келтірілген.

**Түйін сөздер:** жер бетінің ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын суммасы, детерминация коэффициенті, сызықтық тренд коэффициенті, статистикалық маңыздылық, Есіл су-шаруашылық алабы.

**DYNAMICS OF CLIMATE CHANGE IN THE ESIL WATER BASIN**

**M.A. Karatay\*, G.E. Turumova**

*RSE «Kazhydromet», Astana, Kazakhstan*  
*E-mail: karatay.manshuk@mail.ru*

The article considers climatic parameters: air temperature, precipitation, humidity, saturation deficit, wind speed and direction at meteorological stations of the Esil water basin. The intra-annual course of their distribution is given, statistical characteristics are calculated, such as the average long-term value, the standard deviation, the difference between the average long-term values for the periods 1961...1990 and 1991...2020, the angular coefficient of linear trend and the coefficient of determination. The norms of the average monthly surface air temperatures in the basin and the amount of precipitation for two consecutive periods are compared. The time series, sliding 11-year averages for the period 1941...2021 and a linear trend for the period 1976...2021 of the average monthly surface air temperature and precipitation over the territory of the Esil Water Basin are given.

**Key words:** surface air temperature, sum of atmospheric precipitation, determination coefficient, linear trend coefficient, statistical significance, Esil water management basin