

УДК 551.56

## ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ИРАНА (НА ПРИМЕРЕ ПРОВИНЦИИ ХУЗЕСТАН)

*Ю.П. Переведенцев, Р. Занди, Т.Р. Аухадеев*

### Аннотация

Рассматриваются пространственно-временные изменения основных климатических показателей (температура и влажность воздуха, атмосферные осадки, скорость ветра) на юго-западе Ирана в период 1951–2010 гг. с использованием данных метеонаблюдений на 13 станциях. Дана оценка повторяемости аномалий метеовеличин различной интенсивности и степени засушливости климата региона. Выявлены общая тенденция повышения температуры воздуха в течение года и особенно в августе, неустойчивый характер ветрового режима.

**Ключевые слова:** температура воздуха, относительная влажность, атмосферные осадки, скорость ветра, тренд, аномалии метеовеличин, засушливость климата.

### Введение

Проблема глобальных и региональных изменений окружающей среды и климата по-прежнему остается весьма актуальной в связи с нарастающим воздействием хозяйственной деятельности на природные объекты. Так, в последние десятилетия наблюдается беспрецедентно высокая скорость глобального потепления, проявляющаяся в росте температуры воздуха и увеличении частоты и интенсивности климатических аномалий и экстремальных погодных явлений, что несет угрозу для благополучия населения и устойчивого развития многих стран. Современное состояние исследований в области климата отражено в оценочных докладах МГЭИК (2007, 2013), согласно которым антропогенный фактор играет ведущую роль в формировании климатических изменений начиная с середины 70-х годов XX в. Глобальное потепление будет продолжаться и в 21 столетии, что приведет, согласно расчетам на климатических моделях, к существенному росту глобальной приземной температуры воздуха в пределах 1.5–4.5 °С. Неопределенность данной оценки связана с трудностью выбора достоверного сценария социально-экономического развития мирового сообщества.

Вместе с тем как эмпирические, так и модельные данные свидетельствуют о неравномерности изменения основных климатических показателей по территории Земного шара [1, 2, 3–6], что стимулирует интерес к региональным исследованиям. В этом направлении сотрудниками кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского федерального университета за последние годы было опубликовано несколько монографий (см., например, [7, 8]).

В настоящей статье рассматриваются пространственно-временные изменения ряда климатических показателей одного из аридных (засушливых) регионов Ирана – провинции Хузестан, расположенной в юго-западной части страны, севернее Персидского залива и западнее горной системы Загрос. Это основной нефтеносный регион Ирана.

### Материал и методы исследования

В качестве исходных данных использовались материалы метеорологических наблюдений в период 1951–2010 гг. 13 станций, равномерно распределенных по всей территории Хузестана, расположенной в субтропическом поясе Земли. В табл. 1 представлены сведения о географических координатах станций, высотах над уровнем моря и продолжительности наблюдений.

Табл. 1

Сведения о станциях наблюдений

Станция	Высота, м	Сев. широта		Вост. долгота		Начало на- блюдений, год	Длина ряда (в годах)
		град	мин	град	мин		
Абадан	7	30	22	48	15	1951	60
Махшехр	6	30	33	49	09	1987	24
Бехбехан	313	30	36	50	14	1993	18
Агаджери	27	30	46	49	40	1984	27
Омидийе	35	30	46	49	39	1984	27
Рамхормоз	150	31	16	49	36	1987	24
Ахваз	22	31	20	48	40	1953	58
Бостан	8	31	43	48	00	1986	25
Изе	767	31	51	49	52	1993	18
Месджеде-Сoleyман	320	31	56	49	17	1985	26
Шуштер	67	32	03	48	50	1994	17
Сафи абад	83	32	16	48	25	1987	24
Дизфуль	143	32	24	48	23	1963	48

В связи с различной продолжительностью рядов наблюдений статистической обработке подвергались метеонаблюдения всех 13 станций в период 1994–2010 гг. (17 лет) и отдельно данные наиболее длиннорядных станций: Абадан (1951–2010 гг.), Ахваз (1953–2010 гг.), Дизфуль (1963–2010 гг.) за весь период наблюдений.

Методами корреляционного и тренд-анализа выявлялись взаимосвязи между метеовеличинами в различных пунктах и тенденции их изменения во времени.

### Результаты и их обсуждение

**Средние температуры воздуха.** Основной характеристикой термического режима служат средние месячные и годовые температуры воздуха. Рассмотрим распределение многолетней средней годовой температуры воздуха по территории Хузестана. Эта величина изменяется не столь значительно – от 24,4 °С (ст. Сафи Абад) до 26,8 °С (ст. Рамхормоз). Как видно из последнего столбца табл. 2, многолетняя средняя годовая температура воздуха повсеместно положительная

Табл. 2

Средние месячные и годовые температуры воздуха (°С) за 1994–2010 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Дизфуль	11.8	13.7	17.4	23.3	30.2	35.0	37.0	36.8	32.1	26.6	18.9	13.7	24.7
Сафи Абад	12.5	13.9	17.1	22.9	29.6	34.0	36.1	35.7	31.0	26.3	19.0	14.3	24.4
Шуштер	13.1	15.3	19.9	26.0	32.7	36.8	38.6	38.4	34.1	29.3	20.8	15.0	26.7
Месджеде-Сoleyман	12.2	14.2	18.3	24.3	31.3	36.1	38.2	38.0	33.5	28.0	19.6	14.3	25.7
Изе	9.4	10.9	13.7	18.6	25.0	30.4	33.3	32.8	28.7	23.4	16.1	11.4	21.1
Бостан	12.1	14.1	18.0	23.9	30.5	34.7	36.6	36.2	31.8	26.7	18.9	13.9	24.8
Ахваз	13.2	15.7	20.0	26.1	32.5	36.4	38.3	38.1	33.8	28.6	20.4	14.7	26.5
Рамхормоз	13.3	15.6	19.8	25.9	32.7	36.9	38.6	38.5	34.6	29.4	20.8	15.2	26.8
Агаджери	13.1	15.6	19.9	26.0	32.2	35.8	37.5	37.3	33.1	28.2	20.1	14.7	26.1
Бехбехан	12.0	14.2	18.0	23.9	30.5	34.7	36.6	36.2	31.8	26.7	18.9	13.9	24.8
Махшехр	13.3	15.5	19.7	25.8	32.0	35.4	37.2	36.6	32.7	28.1	20.0	14.4	25.9
Омидийе	12.7	15.1	19.4	25.6	32.1	35.9	37.6	37.5	33.3	28.3	19.9	14.4	26.0
Абадан	13.3	15.8	20.5	26.3	32.6	36.4	37.7	37.7	33.7	28.6	20.3	14.7	26.5
Среднее	12.5	14.6	18.6	24.5	31.1	35.3	37.2	36.9	32.6	27.5	19.5	14.2	25.4

и не опускается ниже 24.4 °С, что свидетельствует об однородности температурного поля. Исключением является ст. Изе, где температура значительно ниже ввиду ее расположения на большой высоте над уровнем моря (767 м), поэтому в дальнейшем она будет исключаться из сравнительного анализа.

В январе, самом холодном месяце года, средняя многолетняя температура воздуха повышается с севера на юг от 11.8 °С (ст. Дизфуль) до 13.3 °С (ст. Рамхормоз). Затем температура незначительно повышается в феврале (примерно на 2 °С) и начиная с апреля по октябрь ее среднемесячные значения не опускаются ниже 20 °С. В летний период межмесячные различия не столь значительны. Самым теплым месяцем года является июль. Распределение многолетней среднеиюльской температуры по территории Хузестана достаточно однородное и колеблется от 36.1 °С (ст. Сафи Абад) до 38.6 °С (ст. Рамхормоз). Далее в годовом ходе температура воздуха постепенно понижается в осеннем периоде.

Температурный контраст между самым холодным и самым теплым месяцами года характеризуется амплитудой годового хода температуры воздуха ( $A$ ), которая зависит от степени континентальности климата, характера рельефа и географических координат. Величина амплитуды годового хода на территории Хузестан незначительна, она меняется от 23.6 °С (ст. Сафи Абад) до 25.5 °С (ст. Шуштер), что свидетельствует об однородном температурном поле.

Оценим степень континентальности климата Хузестана для 13 станций с помощью известного индекса континентальности С.П. Хромова (см. [9]):

$$K = (A - 5.4 \sin \varphi) / A, \quad (1)$$

где  $A$  – фактическая годовая амплитуда воздуха в данном пункте;  $5.4 \sin \varphi$  – чисто океаническая амплитуда, которая была бы над океаном, совершенно свободным от континентальных влияний,  $\varphi$  – широта места.

Табл. 3

Средние месячные и годовые минимальные температуры воздуха (°C) за 1994–2010 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Дизфуль	9.5	11.0	13.9	21.3	29.1	33.9	36.1	34.8	30.6	24.9	17.7	10.5	22.8
Сафи Абад	10.5	11.5	14.7	21.4	28.5	32.8	34.7	33.4	29.7	24.3	17.6	10.9	22.5
Шуштер	10.7	12.7	16.3	23.3	31.4	35.3	37.0	36.3	32.9	27.4	19.7	11.3	24.5
Месджеде-Солейман	9.3	12.2	15.0	22.0	30.1	35.1	37.1	36.6	32.6	26.5	17.9	10.6	23.8
Изе	7.0	9.0	10.8	16.8	23.5	28.8	32.1	30.1	27.2	21.4	14.6	8.4	19.1
Бостан	9.8	11.8	15.1	21.1	28.8	33.5	35.4	34.9	30.7	25.0	17.6	10.4	22.8
Ахваз	10.3	13.3	16.8	23.7	31.5	35.3	36.8	36.3	32.5	26.7	19.2	11.3	24.5
Рамхормоз	10.6	13.4	16.5	22.9	31.3	35.4	36.8	36.4	33.1	27.6	19.6	11.6	24.6
Агаджери	10.9	13.2	16.8	23.3	31.2	34.6	36.3	35.4	31.8	26.2	19.0	10.9	24.1
Бехбехан	9.8	11.8	15.1	21.1	28.8	33.5	35.4	34.9	30.7	25.0	17.6	10.4	22.8
Махшехр	11.0	12.5	16.4	23.3	31.0	34.3	35.6	35.5	31.4	26.2	18.8	11.2	23.9
Омидийе	9.9	12.7	16.5	23.0	30.9	34.8	36.1	35.2	32.1	26.6	18.8	10.6	23.9
Абадан	9.9	12.8	16.8	24.1	31.2	35.1	36.0	35.8	32.2	26.8	18.6	11.0	24.2
Среднее	9.9	12.1	15.4	22.1	29.8	34.0	35.8	35.0	31.3	25.7	18.2	10.7	23.4

Табл. 4

Средние месячные и годовые максимальные температуры воздуха (°C) за 1994–2010 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Дизфуль	14.0	15.6	21.7	25.8	31.8	36.8	38.3	38.1	33.6	28.2	20.4	16.6	26.7
Сафи Абад	14.5	14.9	19.5	25.0	30.9	35.7	37.6	37.2	32.3	27.8	21.0	17.4	26.2
Шуштер	14.9	16.4	24.6	28.8	34.1	38.3	40.4	39.6	35.4	30.7	23.5	19.3	28.8
Месджеде-Солейман	14.3	16.0	22.7	27.5	32.2	37.6	39.8	39.4	35.4	29.4	22.2	18.8	27.9
Изе	10.8	12.3	16.3	21.5	26.6	32.5	34.5	34.4	33.1	24.6	17.9	15.3	23.3
Бостан	14.1	16.2	22.1	27.1	31.6	35.8	37.6	37.4	33.6	27.7	20.5	17.7	26.8
Ахваз	15.4	17.8	23.8	28.9	33.7	37.9	39.8	39.3	35.3	30.1	22.2	18.2	28.5
Рамхормоз	15.5	17.5	24.3	29.1	34.3	38.3	40.3	39.9	36.2	30.5	23.4	19.4	29.1
Агаджери	15.4	18.2	23.6	29.3	33.6	37.0	38.9	38.9	34.8	29.5	21.7	17.9	28.2
Бехбехан	14.1	16.2	22.1	27.1	31.6	35.8	37.6	37.4	33.6	27.7	20.5	17.7	26.8
Махшехр	15.5	16.8	21.8	29.1	33.3	36.5	39.9	37.8	33.8	29.5	21.7	17.6	27.8
Омидийе	15.5	17.9	22.5	29.1	33.7	37.2	39.3	38.9	34.9	29.5	21.3	17.6	28.1
Абадан	16.5	18.5	23.6	29.1	33.6	37.9	39.5	39.1	35.5	30.2	22.2	17.6	28.6
Среднее	14.7	16.5	22.2	27.5	32.4	36.7	38.7	38.3	34.4	28.9	21.4	17.8	27.5

Оценки показывают, что для территории Хузестана индекс континентальности порядка 88–89%. Согласно [9], в центральных частях континентов индекс достигает максимальных значений (90%), минимальные значения (~10%) отмечаются в полосе 40–60° ю.ш. в акваториях Атлантического, Индийского и Тихого океанов. Следовательно, по этому показателю климат Хузестана является резко континентальным.

Для оценки межгодовой изменчивости температуры, обусловленной действием циркуляции атмосферы, облачности и др., по среднемесячным температурам рассчитывались значения среднеквадратических отклонений температуры ( $\sigma$ ). Величина  $\sigma$  имеет незначительный годовой ход, достаточно однородное распределение по территории региона. Наибольшие значения  $\sigma$  отмечаются

Табл. 5

Коэффициенты наклона линейного тренда ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) для станций Абадан, Ахваз и Дизфуль

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Абадан	0.05	0.22	0.32	0.61	0.60	0.49	0.50	0.55	0.36	0.45	0.09	0.17	0.37
Ахваз	0.30	0.39	0.44	0.70	0.69	0.60	0.58	0.71	0.53	0.62	0.38	0.40	0.53
Дизфуль	0.02	0.05	0.08	0.33	0.28	0.25	0.22	0.31	0.15	0.24	0.09	0.10	0.18

в декабре ( $\sigma = 2.2$   $^{\circ}\text{C}$ , ст. Рамхормоз), наименьшие в июле ( $\sigma = 0.6$   $^{\circ}\text{C}$ , ст. Бех-бехан). В зимние месяцы величина  $\sigma$  максимальна, в летние – минимальна.

Рассмотрим распределение среднемесячных значений минимальных и максимальных температур по территории, которые определяются из рядов наблюдений по минимальному и максимальному термометрам.

Как видно из табл. 3–4, годовой ход средних минимумов и максимумов аналогичен годовому ходу среднемесячной температуры, так как определяется теми же радиационными и циркуляционными процессами и особенностями подстилающей поверхности. Между значениями средней месячной и средней экстремальной температур существует тесная связь. Разность между средними максимальными и минимальными температурами на территории Хузестана сравнительно невелика. Так, в декабре эта величина изменяется от 6.1  $^{\circ}\text{C}$  до 8.2  $^{\circ}\text{C}$ , а в летние месяцы меняется в пределах 2.2–4.3  $^{\circ}\text{C}$ , что заметно меньше, чем в высоких и умеренных широтах Северного полушария.

Для выделения систематической составляющей изменений температуры для всех месяцев года были построены линейные тренды для всех метеостанций

$$Y(\tau) = \alpha\tau + b, \quad (2)$$

где  $Y(\tau)$  – сглаженное значение температуры воздуха на момент времени  $\tau$  ( $\tau = 1, 2, \dots, n$ ),  $\alpha$  – угловой коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ), характеризует скорость изменения температуры,  $b$  – свободный член (начальное значение линии тренда). Положительное значение коэффициента  $\alpha$  указывает на рост температуры (потепление климата), а отрицательное – на похолодание климата.

Согласно произведенным расчетам для 13 станций в период 1994–2010 гг. лишь в январе наблюдается тенденция заметного понижения температуры, в остальные месяцы, особенно в марте и октябре, температура интенсивно повышается. В летние месяцы коэффициенты наклона линейного тренда по величине уступают другим месяцам. Однако эти результаты ввиду небольшого периода (17 лет) следует считать ориентировочными. Большого доверия вызывают данные, рассчитанные для ст. Абадан и ст. Ахваз в период 1961–2010 гг. и для ст. Дизфуль в период 1963–2010 гг. (табл. 5).

Как видно из таблицы, с наибольшей скоростью происходит повышение температуры в августе (до 0.71  $^{\circ}\text{C}/10$  лет) на ст. Ахваз, что объясняется местными условиями. Отметим, что в Татарстане, наоборот, наибольшее потепление происходит в зимне-весенний период и КНЛТ достигает значения 0.7  $^{\circ}\text{C}/10$  лет в марте.

Табл. 6

Распределение аномалий температуры воздуха по модулю  $|\Delta t|$  (в %) по классам интенсивности

Параметры	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	ст. Абадан												
$\sigma$	1.8	1.6	1.7	1.4	1.4	1.1	1.1	1.3	1.0	1.4	1.3	1.7	0.8
$ \Delta t  > \sigma$	28	32	34	32	34	30	26	32	24	34	32	42	36
$ \Delta t  > 1.5\sigma$	18	14	16	14	10	20	12	18	12	12	10	14	10
$ \Delta t  > 2\sigma$	4	6	6	2	6	4	8	2	6	4	4	2	2
	ст. Ахваз												
$\sigma$	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.2	1.2	1.4	1.0	1.4	1.2	1.8	0.9
$ \Delta t  > \sigma$	34	30	32	32	32	30	28	36	28	32	30	36	36
$ \Delta t  > 1.5\sigma$	14	16	12	12	8	12	14	18	14	12	16	8	10
$ \Delta t  > 2\sigma$	2	2	6	6	4	6	6	0	4	2	6	4	4
	ст. Диззуль												
$\sigma$	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4	1.1	1.0	1.3	0.8	1.2	1.3	1.5	0.7
$ \Delta t  > \sigma$	34	34	26	34	28	28	30	36	32	28	24	34	30
$ \Delta t  > 1.5\sigma$	10	16	16	10	12	10	18	16	16	16	14	14	10
$ \Delta t  > 2\sigma$	6	4	4	6	4	8	4	2	6	4	6	4	6

Следует также отметить, что коэффициенты корреляции, рассчитанные между среднемесячными температурами указанных станций, достаточно высоки (изменяются от 0.69 до 0.91), что свидетельствует о тесных связях между ними.

Для указанных длиннорядных станций были рассчитаны средние значения температуры воздуха за базовый период 1961–1990 гг., рекомендуемый Всемирной метеорологической организацией, затем для каждого месяца и года найдены знакопеременные аномалии температуры по формуле:  $\Delta t = t - \bar{t}$ , где  $t$  – средняя температура конкретного месяца,  $\bar{t}$  – климатическая норма. Были выделены три класса аномалий по модулю:  $|\Delta t| > \sigma$  (крупные);  $|\Delta t| > 1.5\sigma$  (очень крупные) и  $|\Delta t| > 2\sigma$  (экстремалии). Как известно, в случае нормального распределения около 68% от общего количества аномалий относится к разряду небольших, то есть  $|\Delta t| < \sigma$ .

В табл. 6 представлены сведения о распределении величины  $\sigma$  и повторяемости интенсивных аномалий выделенных классов в процентах. Как видно из таблицы, преобладают крупные аномалии, экстремальные случаи встречаются редко. Среди крупных аномалий, превышающих значение  $\sigma$ , положительные и отрицательные аномалии распределяются примерно поровну. Количество очень крупных аномалий  $|\Delta t| > 1.5\sigma$  и экстремалий  $|\Delta t| > 2\sigma$  в сумме значительно уступает, как и следовало ожидать, классу  $|\Delta t| < \sigma$ .

В табл. 7 представлены данные о распределении повторяемости (в %) знакопеременных аномалий температуры по классам:  $-\sigma < \Delta t < \sigma$ ,  $\Delta t > \sigma$  и  $\Delta t < -\sigma$ . Как уже отмечалось, в случае нормального распределения 68% случаев приходится на интервал  $-\sigma < \Delta t < \sigma$ , из таблицы следует, что в отдельные месяцы – январь, июль, сентябрь, декабрь – отклонения от нормального закона заметные, однако в ряде месяцев отмечается соответствие. При этом не выявляется закономерность в распределении аномалий температуры разных знаков по месяцам,

Табл. 7

Распределение аномалий температуры воздуха  $\Delta t$  (в %) по классам интенсивности

Параметры	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	ст. Абадан												
$-\sigma < \Delta t < \sigma$	72	68	66	68	66	70	74	68	76	66	68	58	64
$\Delta t > \sigma$	12	14	20	16	24	16	12	16	12	18	16	22	22
$\Delta t < -\sigma$	16	18	14	16	10	14	14	16	12	16	16	20	14
	ст. Ахваз												
$-\sigma < \Delta t < \sigma$	66	70	68	68	68	70	72	64	72	68	70	64	64
$\Delta t > \sigma$	16	14	18	14	16	16	14	18	14	20	10	16	20
$\Delta t < -\sigma$	18	16	14	18	16	14	14	18	14	12	20	20	16
	ст. Дизвиль												
$-\sigma < \Delta t < \sigma$	66	66	74	66	72	72	70	64	68	72	76	66	70
$\Delta t > \sigma$	18	16	16	18	14	14	16	22	16	16	14	20	18
$\Delta t < -\sigma$	16	18	10	16	14	14	14	14	16	12	10	14	12

то есть нет существенных различий между классами  $\Delta t > 0$  и  $\Delta t < 0$ , что свидетельствует о равной доле адвективных факторов, приводящих к понижению или повышению температуры. Однако в целом за год повторяемость аномалий  $\Delta t > 0$  несколько превышает повторяемость аномалий  $\Delta t < 0$ , что свидетельствует о более частых положительных адвективных изменениях температуры воздуха.

Если распределение температуры отличается от нормального, то кроме  $\bar{t}$  и  $\sigma$  для его описания привлекают характеристики, позволяющие судить о степени асимметрии и крутости распределения. Мерой асимметрии (или скошенности) распределения служит коэффициент асимметрии  $A$

$$A = \frac{1}{n\sigma^3} \sum_1^n (t - \bar{t})^3, \quad (3)$$

где  $n$  – количество лет наблюдений.

Принято считать асимметрию малой при  $|A| \leq 0.25$ , умеренной при  $0.25 < |A| \leq 0.50$  и большой при  $|A| > 0.50$ .

В качестве характеристики крутости (или островершинности распределения) используется коэффициент эксцесса  $K$ , определяемый по формуле

$$K = \frac{1}{n\sigma^3} \sum_1^n (t - \bar{t})^4. \quad (4)$$

Коэффициент эксцесса колеблется от  $-2$  до  $\infty$ . Значения  $K$ , близкие к  $-2$ , указывают на то, что кривая распределения вдавнена и превратилась в двухвершинную кривую. При  $K = -2$  кривая распределения вырождается. Для нормального распределения  $K = 0$  [10].

Расчеты не выявили определенной закономерности в распределении асимметрии и эксцесса по отдельным месяцам. В январе распределение температуры умеренно асимметричное ( $A$  меняется от  $-0.17$  (ст. Абадан) до  $-0.51$  (ст. Дизвиль) и имеет левостороннюю скошенность ввиду адвекции холода. Величина эксцесса  $K$  также знакопеременна и нигде не достигает  $-2$ , что свидетельствует об одновершинности кривой распределения температуры.

Табл. 8

Распределение асимметрии и эксцесса среднемесячной температуры воздуха

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Асимметрия													
Абадан	-0.17	0.02	0.14	0.54	-0.65	0.02	-0.14	0.31	-0.35	-0.38	-0.53	-0.21	0.41
Ахваз	-0.36	-0.32	0.42	0.12	-0.67	-0.32	-0.19	0.27	-0.45	-0.19	-0.51	-0.08	0.15
Дизфуль	-0.51	0.14	0.51	0.48	-0.88	-0.11	-0.22	0.19	0.28	-0.37	-0.61	0	0.36
Эксцесс													
Абадан	0.14	-0.2	0.36	-0.05	0.29	0.09	0.51	-0.62	0.85	-0.15	0.53	-0.73	0.55
Ахваз	0.5	-0.2	0.93	-0.1	0.97	0.96	-0.11	-0.72	0.98	0.04	0.2	-0.24	-0.24
Дизфуль	0.81	-0.34	0.83	-0.19	0.98	0.78	-0.24	-0.77	0.06	-0.31	1.15	-0.61	0.09

Табл. 9

Средние месячные значения относительной влажности (%) за 1994–2010 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Дизфуль	76.5	67.8	60.3	50.9	31.9	25.1	26.5	28.6	33.8	43.8	61.7	74.9	74.9
Сафи Абад	78.8	68.8	65.4	56.2	33.5	25.3	26.6	32.1	37.9	47.1	62.8	77.7	51.4
Шуштер	70.9	57.8	45.2	34.8	21.9	16.3	18.4	20.5	21.0	26.4	45.4	64.7	37.2
Месджеде-Солейман	75.1	64.2	51.4	39.2	22.3	15.3	16.9	17.9	20.3	28.5	50.9	70.7	39.4
Изе	65.0	58.3	55.4	46.7	27.1	17.2	18.3	18.8	19.4	27.4	46.1	61.0	38.6
Бостан	78.6	64.4	56.1	46.2	29.4	23.6	24.8	26.2	28.5	35.1	53.9	75.1	45.1
Ахваз	71.8	58.3	47.8	39.4	25.2	20.5	22.7	27.1	28.2	37.2	51.2	69.1	69.1
Рамхормоз	67.8	56.3	45.5	35.4	20.4	15.9	17.9	20.8	20.4	26.6	44.9	64.3	36.5
Агаджери	73.8	60.4	48.4	39.1	26.1	21.1	23.7	30.2	29.5	35.7	50.9	70.6	42.5
Бехбехан	75.2	63.6	52.3	40.6	23.3	17.4	19.6	25.3	25.7	33.0	51.5	70.8	41.6
Махшехр	74.8	59.6	50.8	41.6	28.9	25.9	30.7	36.1	36.1	42.9	52.7	72.1	46.4
Омидийе	80.6	69.6	58.2	50.2	36.9	33.2	33.8	40.5	40.8	46.9	61.9	78.5	52.6
Абадан	70.7	57.6	47.5	40.9	28.5	22.7	24.5	28.8	30.9	42.9	54.5	68.8	43.2
Среднее	73.8	62.1	52.6	43.2	27.3	21.5	23.4	27.2	28.6	36.4	53.0	70.6	47.6

Из всех показателей влажности наибольший практический интерес представляет относительная влажность ( $r$ ), которая характеризует степень насыщения воздуха водяным паром и рассчитывается в процентах. Распределение её по территории определяется температурным режимом и поступлением влаги в атмосферу. Относительная влажность в приземном слое всегда имеет суточный и годовой ход, противоположный ходу температуры воздуха. На нее существенным образом влияют подстилающая поверхность и атмосферные осадки [4].

По данным 13 станций были вычислены среднемесячные значения  $r$  за период 1994–2010 гг. Как видно из табл. 9, эти значения в декабре – феврале достаточно велики. На отдельных станциях среднемесячная величина  $r$  превышает 70%. Однако в летний период величина  $r$  мала ввиду засушливого климата. В июле значения  $r$  меняются от 16.9% (ст. Месджеде-Солейман) до 33.8% (ст. Омидийе).

Распределения среднеквадратического отклонения  $\sigma$  и среднемесячных аномалий относительной влажности, рассчитанных дополнительно для станций

Табл. 10

Средние многолетние значения месячных и годовых сумм осадков (мм) на территории Хузестана за 1994–2010 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Дизфуль	95.5	46.9	64.1	37.4	5.8	0.4	0.0	0.0	0.6	13.7	57.3	81.4	403.0
Сафи Абад	73.3	41.6	51.3	28.6	2.9	0.1	0.1	0.0	0.0	6.4	35.9	76.2	316.3
Шуштер	77.1	33.1	46.4	21.8	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.5	53.6	61.7	298.3
Месджеде-Солейман	103.4	46.6	64.9	29.4	5.5	0.0	0.1	0.0	0.1	5.4	57.0	89.6	402.2
Изе	147.4	87.2	93.4	59.3	8.8	0.5	0.6	0.6	1.9	7.6	75.6	130.5	613.6
Бостан	48.6	20.8	28.5	20.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	29.0	45.2	196.4
Ахваз	50.1	22.5	28.1	17.4	0.8	0.2	0.0	0.0	0.3	3.0	39.2	50.8	212.4
Рамхормоз	79.6	33.4	46.2	20.9	2.4	0.1	0.0	0.1	1.3	4.6	32.5	82.7	303.7
Агаджери	70.4	30.3	37.9	25.2	1.4	0.1	0.1	0.0	0.0	3.4	37.0	70.0	276.1
Бехбехан	83.6	33.5	48.4	20.1	3.7	0.8	0.0	0.4	0.2	2.9	40.5	86.4	320.6
Махшехр	53.4	23.0	26.0	11.8	1.4	0.1	0.0	0.0	0.1	2.0	30.2	51.8	200.3
Омидийе	78.0	30.8	31.5	18.9	1.8	0.2	0.0	0.0	0.0	2.1	31.2	59.0	253.4
Абадан	41.8	15.1	18.8	11.8	1.8	0.2	0.0	0.0	0.0	2.8	19.7	46.2	158.2
Среднее	77.1	35.8	45.1	24.9	3.0	0.2	0.1	0.1	0.3	4.5	41.4	71.6	304.2

Абадан, Ахваз и Дизфуль, обнаруживают сходство с ранее рассмотренными распределениями для температуры воздуха. Величины асимметрии и эксцесса свидетельствуют о более значительных отклонениях распределения относительной влажности от нормального закона, чем температуры воздуха.

В частности, величина  $\sigma$  для ст. Абадан изменяется в годовом ходе от 7.0% (март) до 3.8% (июль); для ст. Ахваз от 8.0% (март) до 3.3% (июль); для ст. Дизфуль от 8.9% (март) до 5.8% (июль), что характерно для однородного и засушливого режима местности.

**Атмосферные осадки.** Атмосферные осадки относятся к важнейшим климатическим характеристикам, они являются жизненно необходимыми для засушливых регионов мира. В среднем по региону многолетняя сумма осадков составляет 304 мм, минимум отмечается на ст. Абадан (158 мм), а максимум – на ст. Дизфуль (403 мм). По средним месячным суммам осадков отмечается хорошо выраженный годовой ход (табл. 10). Минимумы на всех станциях отмечаются в мае – октябре (в умеренных широтах, наоборот, в летний период сумма осадков максимальна), максимумы осадков отмечаются в период с ноября по апрель. И если в период июнь – сентябрь осадки практически отсутствуют, то в декабре – январе они достигают своего годового максимума. Так, в январе по данным ст. Абадан их выпадает 41.8 мм, а на ст. Изе – 147.4 мм, что определяется расположением последней на наветренном западном склоне горного хребта. Межгодовая изменчивость атмосферных осадков особенно велика в период ноябрь – апрель ( $\sigma$  достигает 66.7 мм в декабре на ст. Бехбехан), в летний период  $\sigma$  близко к нулю, так как в этот сезон осадков практически не выпадает. Вместе с тем отмечаются годы, когда в холодный период осадков выпадает значительно больше многолетней нормы, что свидетельствует о неустойчивом характере влажностного режима.

Табл. 11

Среднемесячная скорость (м/с) ветра (1994–2010 гг.)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Дизфуль	8.3	8.1	8.3	8.3	9.0	8.7	7.7	7.5	7.2	7.4	8.8	8.1	8.1
Сафи Абад	5.9	6.7	6.8	6.3	7.0	7.5	6.6	5.6	5.4	5.8	6.1	6.9	6.4
Шуштер	9.9	9.8	11.9	12.9	11.6	12.4	11.2	10.8	10.6	10.2	9.7	10.6	10.9
Месджеде-Солейман	8.2	7.9	8.5	8.8	9.8	10.2	9.2	9.4	9.1	8.1	7.8	7.7	8.7
Изе	7.1	6.6	6.7	6.6	7.7	8.1	9.0	10.2	7.9	6.8	6.8	7.5	7.6
Бостан	7.7	8.0	8.6	8.9	9.5	10.9	10.9	9.9	8.8	7.8	8.1	7.4	8.9
Ахваз	6.1	6.7	7.0	7.8	8.0	9.7	9.1	8.5	7.8	6.4	6.7	6.1	7.5
Рамхормоз	6.3	6.5	6.7	7.4	8.6	8.4	7.5	6.9	7.0	6.5	6.2	5.8	7.0
Агаджери	10.8	11.4	11.8	12.7	13.3	13.8	12.8	12.1	12.5	11.8	10.7	10.5	12.0
Бехбехан	5.9	6.2	6.6	7.4	8.4	9.0	8.8	8.5	8.0	6.7	6.1	6.2	7.3
Махшехр	8.9	10.1	10.5	11.6	13.1	14.4	14.1	12.9	11.3	10.1	9.4	8.7	11.3
Омидийе	8.8	9.6	10.2	10.8	11.1	11.7	11.1	10.0	10.1	9.9	9.2	8.9	10.1
Абадан	12.7	13.4	14.3	13.7	16.8	22.6	24.4	18.0	17.8	14.0	14.9	12.9	16.3
Среднее	8.2	8.5	9.1	9.5	10.3	11.3	11.0	10.0	9.5	8.6	8.5	8.3	9.4

**Ветровой режим.** Ветровой режим местности в основном определяется сезонными особенностями структуры барического поля, а также формой рельефа, характером подстилающей поверхности и открытостью места установки приборов. В январе регион находится под влиянием западного отрога мощного Сибирского антициклона, соединяющегося с Азорским антициклоном, поэтому преобладают ветры северного направления, в июле в барической ложбине, вытянутой на запад от Азиатской депрессии, преобладают ветры западного и северо-западного направления (сгущение изобар) [11–13]. В среднем за год преобладающими направлениями ветра на территории Хузестана являются северо-западные и западные движения. При этом на большинстве станций потоки достаточно устойчивы по направлению в течение года и лишь на станциях Месджеде-Солейман, Дизфуль, Сафан Абад наблюдается заметный годовой ход: зимой преобладают южные потоки, летом – западные, что определяется характером циркуляции атмосферы. Средние месячные скорости ветра повсеместно достаточно велики. Происходит их усиление в летний период. Зимой скорости по территории меняются в пределах 6–11 м/с, летом – 7–14 м/с (табл. 11).

Значительные скорости ветра и сухость климата региона способствуют частому возникновению пыльных бурь, сильно усложняющих работу транспорта и наносящих ущерб сельскому хозяйству и здоровью населения, что будет предметом дальнейших исследований.

После рассмотрения распределения отдельных наиболее важных метеорологических величин по территории Хузестана логично перейти к обобщающим климатическим комплексам, характеризующим природные особенности региона в целом.

К числу наиболее известных характеристик относится показатель испаряемости  $E_0$  Н.Н. Иванова (см [9]):

$$E_0 = 0.0018(25 + t)^2 \cdot (100 - r), \quad (5)$$

где  $t$  – средняя месячная температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $r$  – относительная влажность (%).

С использованием формулы (5) в качестве примера оценим величину коэффициента увлажнения (КУ), который определяется как отношение годового количества осадков ( $P$ , мм) к годовой испаряемости ( $E_0$ , мм). Среднее многолетнее годовое количество осадков  $P$  для ст. Абадан, наименьшее в Хузестане, равно 158 мм, а годовая испаряемость  $E_0 = 2459$  мм, следовательно, коэффициент увлажнения КУ будет равен 0.06, что позволяет отнести этот район к климатической зоне пустынь (в зоне пустынь КУ меньше 0.3).

Использование для оценки степени засушливости климата гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова, Д.А. Педя и уравнения Э.М. Ольдекопа для расчета испарения [5, 14] также приводит нас к выводу о том, что равнинная территория Хузестана относится к степному и полупустынному типу климата. Исключением являются горные районы.

Согласно классификации климатов Кёппена – Треварта [9] засушливые климаты определяются по пределу сухости

$$\text{ПС} = 20(t - 10^{\circ} + 0.3 \cdot \text{ПЛО}), \quad (6)$$

где  $t$  – среднегодовая температура ( $^{\circ}\text{C}$ ), ПЛО – процент летних осадков (апрель – сентябрь) от общего количества.

Климат пустыни формируется при сумме годовых осадков не больше ПС/2. Оценки показывают, что и в этом случае район Абадана следует отнести к климату пустынь.

### Заключение

Таким образом, на основании вышеизложенного перечислим основные климатические особенности провинции Хузестана.

Климат Хузестана относится к классу засушливых климатов Северного полушария.

Тенденция потепления климата отмечается во всех месяцах года и особенно в летний период.

Более половины аномалий температуры и влажности воздуха относится к классу незначительных, остальные являются крупными и очень крупными.

Максимум относительной влажности отмечается в марте, а минимум – в июле.

На территории Хузестана наблюдается усиление скорости ветра в летний период, что обусловлено сезонной перестройкой барического поля.

### Литература

1. *Переведенцев Ю.П., Гоголь Ф.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М.* Динамика полей температуры воздуха Северного полушария в современный период. Проблемы анализа риска // Гидрометеобезопасность. – 2007. – Т. 4, № 1. – С. 73–80.
2. *Переведенцев Ю.П.* Теория климата. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2009. – 504 с.
3. *Шерстюков Б.Г.* Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2008. – 246 с.

4. Шестопалов В.М., Логинов В.Ф., Осадчий В.И. Глобальные и региональные изменения климата. – Киев: Ника-Центр, 2011. – 448 с.
5. Ясинский С.В. Водный баланс природных зон бассейна р. Волги в разные по водности фазы многолетнего периода // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2013. – № 6. – С. 86–101.
6. Fahrutdinova A.N., Perevedentsev Yu.P., Guryanov V.V., Kulikov V.V. Dynamical processes and correlations at midlatitudes in the lower and middle atmosphere // Adv. Space Res. – 2001. – V. 27, No 10. – P. 1667–1672.
7. Переведенцев Ю.П., Верецагин М.А., Шанталинский К.М., Наумов Э.П., Хабутдинов Ю.Г. Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья. – Казань: Центр инновац. технологий, 2011. – 283 с.
8. Переведенцев Ю.П., Соколов В.В., Наумов Э.П. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 273 с.
9. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
10. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 295 с.
11. Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 615 с.
12. Погосян Х.П. Общая циркуляция атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 394 с.
13. Романов Ю.А. Особенности атмосферной циркуляции в тропической зоне океанов. – СПб.: Гидрометеиздат, 1994. – 287 с.
14. Кислов А.В., Евстигнеев В.М., Малхазова С.М., Соколичина Н.Н., Суркова Г.П. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-европейской равнины в условиях потепления XXI века. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 292 с.

Поступила в редакцию  
27.09.13

---

**Переведенцев Юрий Петрович** – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru](mailto:Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru)

**Занди Рахман** – аспирант кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [rahmanzandi@gmail.com](mailto:rahmanzandi@gmail.com)

**Аухадеев Тимур Ринатович** – аспирант кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [tauhadееv@yandex.ru](mailto:tauhadееv@yandex.ru)

\* \* \*

## PECULIARITIES OF CLIMATIC CONDITIONS IN SOUTHWESTERN IRAN (KHUZESTAN PROVINCE CASE STUDY)

*Yu.P. Perevedentsev, R. Zandi, T.R. Aukhadееv*

### Abstract

This study considers spatiotemporal changes in the main climatic characteristics (air temperature and humidity, atmospheric precipitation, and wind velocity) in the southwest of Iran within 1951–2010, using the data of meteorological observations from 13 stations. The frequency of anomalies (of varying

intensity) in meteorological values and the degree of dryness of the region's climate are estimated. A general tendency of temperature rise throughout the year, especially in August, and the unstable nature of wind regime are revealed.

**Keywords:** temperature, relative humidity, atmospheric precipitation, wind velocity, trend, anomalies in meteorological values, climate dryness.

#### References

1. Perevedentsev Yu.P., Gogol F.V., Naumov E.P., Shantalinskii K.M. Dynamics of temperature fields in the Northern Hemisphere in the modern period. Problems of risk analysis. *Gidrometeorologiya*, 2007, vol. 4, no. 1, pp. 73–80. (In Russian)
2. Perevedentsev Yu.P. Theory of Climate. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2009. 504 p. (In Russian)
3. Sherstyukov B.G. Regional and Seasonal Patterns of Changes in Modern Climate. Obninsk, VNIIGMI-MTsD, 2008. 246 p. (In Russian)
4. Shestopalov V.M., Loginov V.F., Osadchii V.I. Global and Regional Changes in Climate. Kiev, Nika-Tsentr, 2011. 448 p. (In Russian)
5. Yasinskii S.V. Water balance in the natural zones of the Volga river basin in various phases of water content during a period of many years. *Izv. Ross. Akad. Nauk. Ser. Geogr.*, 2013, no. 6, pp. 86–101. (In Russian)
6. Fahrutdinova A.N., Perevedentsev Yu.P., Guryanov V.V., Kulikov V.V. Dynamical processes and correlations at midlatitudes in the lower and middle atmosphere. *Adv. Space Res.*, 2001, vol. 27, no. 10, pp. 1667–1672.
7. Perevedentsev Yu.P., Vereshchagin M.A., Shantalinskii K.M., Naumov E.P., Khabutdinov Yu.G. Changes in Climatic Conditions and Resources of the Middle Volga Region. Kazan, Tsentri Inno-vatsionnykh Tekhnologii, 2011. 283 p. (In Russian)
8. Perevedentsev Yu.P., Sokolov V.V., Naumov E.P. The Climate and Environment of the Volga Federal District. Kazan, Kazan. Univ., 2013, 273 p. (In Russian)
9. Drozdov O.A., Vasilev V.A., Kobysheva N.V., Raevskii A.N., Smekalova L.K., Shkolnyi E.P. Climatology. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1989. 568 p. (In Russian)
10. Kobysheva N.V., Narovlyanskii G.Ya. Climatological Treatment of Meteorological Information. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1978. 295 p. (In Russian)
11. Palmén E., Newton C. Atmospheric Circulation Systems. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1973. 615 p. (In Russian)
12. Pogosyan Kh.P. General Atmospheric Circulation. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1972. 394 p. (In Russian)
13. Romanov Yu.A. Features of Atmospheric Circulation in the Tropical Ocean. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat, 1994. 287 p. (In Russian)
14. Kislov A.V., Evstigneev V.M., Malkhazova S.M., Sokolikhina N.N., Surkova G.P. Forecasting of Climatic Resource Availability in the East European Plain under the Warming of the 21st Century. Moscow, MAKS Press, 2008. 292 p. (In Russian)

Received  
September 27, 2013

---

**Perevedentsev Yurii Petrovich** – Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Meteorology, Climatology and Ecology of the Atmosphere, Kazan Federal University, Kazan, Russia.  
E-mail: [Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru](mailto:Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru)

**Zandi Rahman** – PhD Student, Department of Meteorology, Climatology and Ecology of the Atmosphere, Kazan Federal University, Kazan, Russia.  
E-mail: [rahmanzandi@gmail.com](mailto:rahmanzandi@gmail.com)

**Aukhadeev Timur Rinatovich** – PhD Student, Department of Meteorology, Climatology and Ecology of the Atmosphere, Kazan Federal University, Kazan, Russia.  
E-mail: [tauhadeev@yandex.ru](mailto:tauhadeev@yandex.ru)