

УДК 551.56

**ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ  
ТЕМПЕРАТУРЫ, ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА И СКОРОСТИ ВЕТРА  
НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН ПЕРСИДСКОГО ЗАЛИВА***Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский, Р. Занди, Т.Р. Аухадеев***Аннотация**

Рассмотрены пространственно-временные изменения температурного режима на территории стран Персидского региона, ограниченного координатами 27.5–40° с.ш., 37.5–55.0° в.д. В качестве исходных данных послужили данные реанализа приповерхностной температуры воздуха, массовой доли водяного пара и атмосферного давления, приведенного к уровню моря, скорости ветра. Статистическая обработка материала, построение линейных трендов, низкочастотных компонент метеовеличин с фильтрацией колебаний с периодами менее 10 лет позволили выявить тенденции долгопериодных изменений основных климатических показателей. Выявлено, что в июле температура имеет тенденцию роста, а характеристики влажности воздуха и скорости ветра, наоборот, уменьшения. Биоклиматические индексы («индекс жары», эффективная температура и др.) показывают на ухудшение климатических условий для здоровья человека.

**Ключевые слова:** атмосферное давление, температура и влажность воздуха, скорость ветра, пыльные бури, биоклиматические индексы.

**Введение**

Происходящее в последние десятилетия потепление климата Земли по-разному проявляет себя на региональном уровне. В последнем оценочном докладе МГЭИК (IPCC-2013, 2014) представлен обстоятельный анализ проблемы глобальных и региональных современных изменений окружающей среды и климата, а также результаты моделирования его изменений до конца XXI столетия. В зависимости от выбранного сценария увеличения парникового эффекта результаты моделирования изменений климата с помощью ансамбля моделей климатической системы меняются в достаточно широких пределах – прирост глобально осредненной среднегодовой приповерхностной температуры к концу столетия может принимать значения в диапазоне 1.5–4.5 °С. При этом основные изменения температурного режима и их последствия для природной среды наиболее сильно проявятся в умеренных и высоких широтах.

Вопросам изучения глобальных и региональных климатических процессов посвящен цикл работ, опубликованных ранее авторами [1–3].

В настоящей статье рассматриваются пространственно-временные изменения температурного и барического режима на территории стран Персидского залива в пределах 27.5–40° с.ш.; 37.5–55° в.д. за период 1948–2013 гг. Этот регион сложен в физико-географическом отношении, он относится к числу засушливых, на его территории метеорологические станции немногочисленны, период наблюдений невелик [4].

### Исходный материал и методы исследования

В качестве исходных материалов использовались данные NCEP/NCAR-реанализа приповерхностной температуры, атмосферного давления, массовой доли водяного пара и относительной влажности, компонент скорости ветра за последние 66 лет (1948–2013 гг.), распространяемые Отделением физических наук научно-исследовательской лаборатории по изучению Земли (NOAA/OAR/ESRL/PSD), г. Боулдер, Колорадо, США.

Методами тренд-анализа исследовались временные тенденции метеовеличин, выделение низкочастотной компоненты осуществлялось с помощью низкочастотного фильтра Поттера с точкой отсечения 10 лет и более.

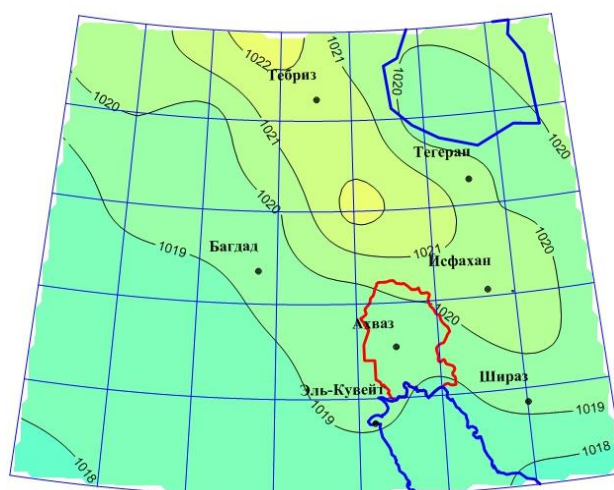
### Результаты и их обсуждение

Барико-циркуляционный режим рассматриваемого региона определяется зимой западной периферией обширного Сибирского антициклона, давление в центре которого превышает 1030 гПа. Так, в январе регион находится под влиянием гребня высокого давления, простирающегося с северо-запада на юго-восток (наибольшее давление порядка 1022 гПа). В летний период барическое поле определяется ложбиной, вытянутой с юго-востока на северо-запад и являющейся частью обширной азиатской депрессии низкого давления, которая расположена на западе в субтропической зоне Северной Африки, Аравийского полуострова и занимает практически весь Азиатский континент. Атмосферное давление меняется на территории Хузестана (территория провинции выделена красной линией) в пределах 998–1002 гПа. В июле в северной части ложбины наблюдается сгущение изобар, что благоприятствует усилению юго-восточных потоков на северо-востоке гористой части Хузестана (рис. 1).

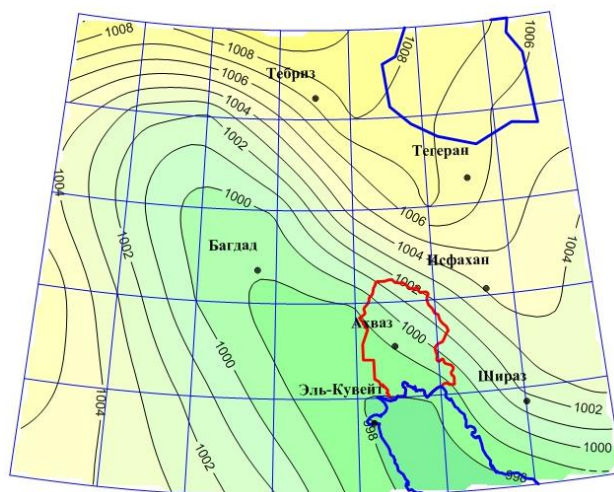
В качестве исходного материала для характеристики термического режима использовались данные реанализа приповерхностной температуры воздуха. Были построены карты средних многолетних значений температур для года, января и июля, а также карты среднеквадратических отклонений (СКО). Проведено осреднение температуры по шести менее крупным регионам и рассмотрена динамика низкочастотных компонент (НЧК) с периодом более 10 лет.

Как следует из анализа карт, распределение средней годовой температуры воздуха (СГТВ) в регионе определяется рельефом местности – в восточной гористой части региона перепады температуры велики особенно в юго-западной части Ирана на территории провинции Хузестан от 10 °С до 22 °С. В равнинной западной части температурное поле однородное, горизонтальные градиенты невелики. СКО меняется в небольших пределах 0.6–0.9 °С.

В январе (рис. 2, а) средняя многолетняя температура в северо-восточной части региона меняется от –8 °С до 0 °С (нулевая изотерма разделяет возвышенную часть территории от равнинной), на западе и юго-западе региона среднеянварская температура повсеместно положительная и возрастает с широты 37.5° с.ш. к югу к широте 27.5° с.ш. от 4 °С до 12 °С. СКО также более изменчиво в горных районах на севере и северо-востоке (2–4 °С), на западе и юге поле однородное (СКО ~ 1.5–2.0 °С).



Январь



Июль

Рис. 1. Атмосферное давление (гПа), приведенное к уровню моря на территории региона

Поскольку климат всего региона, располагающегося в большей части в субтропической зоне, континентальный, в июле средняя температура достигает больших значений (рис. 2, б). Практически весь запад и юг рассматриваемой территории имеют температуру выше  $30^{\circ}\text{C}$  и лишь на севере она опускается до  $20^{\circ}\text{C}$ . Поле СКО отличается однородным характером, повсеместно значение СКО порядка  $1.2^{\circ}\text{C}$ .

С целью выявления характера долгопериодной изменчивости временных температурных рядов рассматривалась динамика их годовых и сезонных низкочастотных компонент как в целом по Персидскому региону (значения температуры осреднялись по всей площади региона), так и в 6 узлах сетки, расположенных в центре трапеций, по территории которых проводилось осреднение. Эти узлы имеют координаты: 1 –  $37.5^{\circ}$  с.ш.,  $42.5^{\circ}$  в.д.; 2 –  $37.5^{\circ}$  с.ш.,  $47.5^{\circ}$  в.д.; 3 –  $37.5^{\circ}$  с.ш.,  $52.5^{\circ}$  в.д.; 4 –  $32.5^{\circ}$  с.ш.,  $42.5^{\circ}$  в.д.; 5 –  $32.5^{\circ}$  с.ш.,  $47.5^{\circ}$  в.д.; 6 –  $32.5^{\circ}$  с.ш.,  $52.5^{\circ}$  в.д.

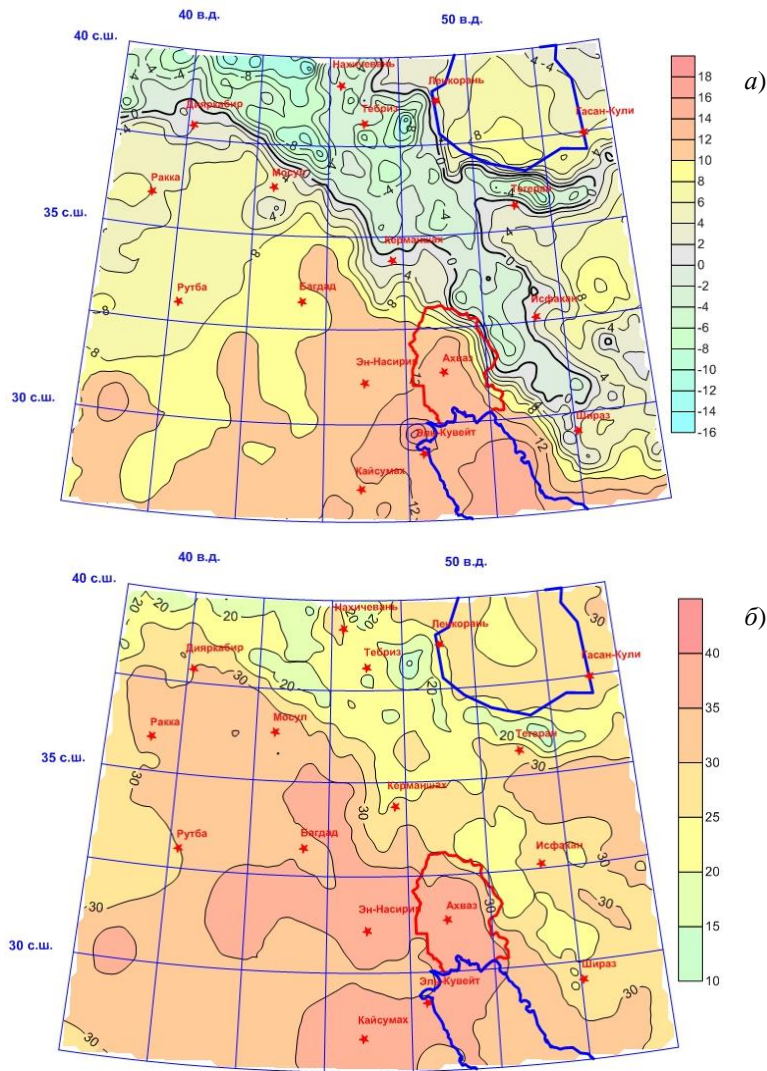


Рис. 2. Температура воздуха у земли, °С: а) январь, б) июль

В табл. 1 представлены средние годовые, среднеянварские и среднеиюльские значения температуры воздуха, а также их СКО, отнесенные к 6 перечисленным узлам сетки. Как видно из таблицы, прослеживается определенная зональность в распределении температуры, сезонность и влияние орографии (6-й регион).

На рис. 3 в качестве примера представлен многолетний ход среднеянварской и среднеиюльской температур, осредненных по всему региону. Построены линейные тренды (жирная черная линия), нелинейные (полиномиальные) тренды (синяя линия) и низкочастотная компонента (красная линия). По НЧК можно определить продолжительность периода подъема или понижения температуры  $\tau$ , а также скорость её изменения ( $\Delta T/\Delta t$ , °С/год).

Как видно из рис. 3, в январе, судя по поведению линии тренда и НЧК, термический процесс в последние десятилетия в регионе стабилизировался: не отмечается ни устойчивого роста, ни падения температуры. Однако в июле картина

Табл. 1

Средние значения температуры воздуха, °С

Регион	Среднегодовая	СКО	январь	СКО	июль	СКО
1	13.78	0.72	0.48	2.16	27.11	0.90
2	11.27	0.81	-1.93	2.87	24.27	0.92
3	14.34	0.77	3.75	2.25	26.47	1.08
4	22.10	0.77	9.60	1.64	33.33	1.06
5	19.94	0.73	7.07	2.00	32.05	1.05
6	15.97	0.68	3.00	2.15	28.60	1.32

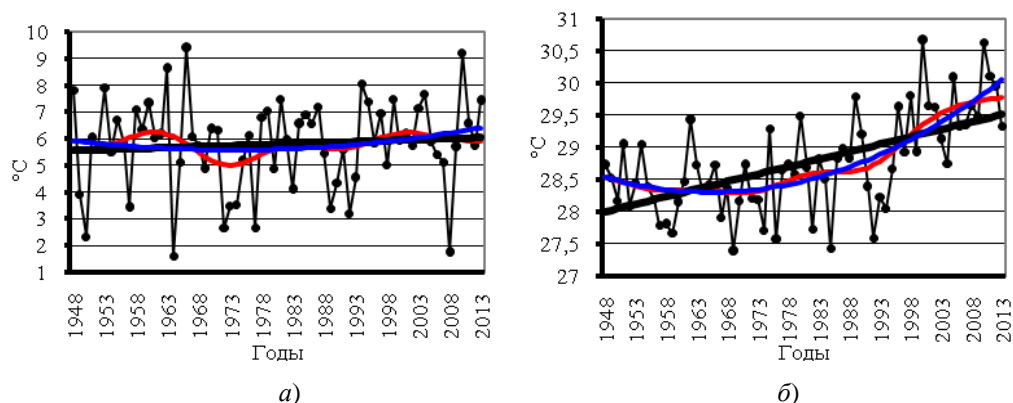


Рис. 3. Многолетний ход осредненной по всему региону приземной температуры: а) январь; б) июль

существенно изменилась – наблюдается заметный рост температуры. За 66-летний период она, согласно линии тренда, повысилась на 1.5 °С. Низкочастотная компонента температуры с 1970 по 2013 г. возросла также примерно на 1.5 °С, что свидетельствует о повышении степени засушливости климата в целом по Персидскому региону. Отметим, что в целом для региона СГТВ составила 17.63 °С (СКО = 2.25 °С), среднеянварская температура 5.8 °С (СКО = 1.68°С), среднеиюльская температура 28.76 °С (СКО = 0.76 °С).

В табл. 2 представлены данные о колебаниях температуры, осредненной по всему региону, в рассматриваемые периоды. Отметим стабильный рост температуры в июле с 1970 по 2013 г. на 1.48 °С в течение 43 лет.

Наибольший интерес представляет 5-й район, в который входит провинция Хузестан. Анализ построенных линейных трендов и кривых низкочастотных колебаний температуры воздуха показал, что для годовой картины этого района характерен заметный рост температуры воздуха с 1988 по 2013 г., в январе отмечаются небольшие колебания температуры, линейный тренд незначим, в июле наблюдается значительный рост температуры воздуха (по линейному тренду прирост составил 2.2 °С в период 1948–2013 гг.). Наиболее интенсивное летнее «потепление» происходило с 1993 по 2013 г. ( $\Delta T \sim 2$  °С). В табл. 3 представлены характеристики НЧК температуры для 5-го района, в котором СГТВ составляет 19.94 °С (СКО = 0.73 °С); среднеянварское значение температуры за период 1948–2013 гг. равно 7.07 °С (СКО = 2.00 °С); среднеиюльское значение температуры 32.05 °С (СКО = 1.04 °С).

Табл. 2

Характеристики низкочастотных изменений температуры воздуха  $T$  в Персидском регионе ( $\Delta t$  – период монотонного изменения НЧК, годы,  $\Delta T$  – величина изменения температуры, °С;  $\Delta T/\Delta t$  – скорость изменения, °С/10 лет)

Начало периода	Конец периода	$\Delta t$	$\Delta T$	$\Delta T/\Delta t$
Годовая температура				
1948	1962	14	0.22	0.16
1962	1972	10	-0.15	-0.15
1972	1981	9	0.11	0.13
1981	1987	6	-0.04	-0.07
1987	2013	26	1.01	0.39
Январь				
1948	1961	13	0.69	0.53
1961	1973	12	-1.24	-1.03
1973	1984	11	0.80	0.73
1984	1990	6	-0.20	-0.34
1990	2001	11	0.62	0.56
2001	2013	12	-0.30	-0.25
Июль				
1948	1959	11	-0.20	-0.19
1959	1962	3	0.01	0.03
1962	1970	8	-0.05	-0.06
1970	2013	43	1.48	0.34

Согласно [5, 6], в июле на территории провинции Хузестан наиболее часто возникают пыльные бури. При этом в среднем число дней с пыльной бурей в течение года может достигать 47, а в отдельные годы доходит до 104. Часто пыль привносится в регион из-за пределов Ирана из пустынь Сирии, Ирака, Саудовской Аравии [7]. Пыльные бури загрязняют атмосферный воздух, что негативно сказывается на состоянии здоровья человека и в первую очередь на органах дыхания [8]. Для оценки состояния окружающей среды рассмотрим динамику ряда климатических показателей по данным реанализа в период 1948–2013 гг. для узла сетки 31.42° с.ш.; 48.75° в.д., расположенного в центре Хузестана вблизи станции Ахваз. В качестве параметров рассматривались температура воздуха, массовая доля водяного пара и относительная влажность на высоте 2 м, скорость ветра на уровне 10 м (рис. 4, 5), а также биометеорологические показатели: «индекс жары» Стедмена и эффективная температура по Миссенарду (рис. 6), эквивалентно-эффективная температура по Миссенарду и Айзенштату с целью оценки воздействия климатических условий на здоровье человека, которые рассчитывались по известным формулам, представленных в работе [9].

Как видно из рис. 4 и 5, июльская температура воздуха в период 1948–2013 гг. растет, при этом согласно кривой НЧК наибольший рост отмечался в 70-х годах. В последнее десятилетие процесс стабилизировался. Остальные характеристики: массовая доля водяного пара, относительная влажность воздуха и скорость ветра, напротив, имеют долготенную тенденцию к понижению.

Табл. 3

Характеристики низкочастотных изменений температуры воздуха  $T$  в 5-м регионе ( $\Delta t$  – период монотонного изменения НЧК, годы,  $\Delta T$  – величина изменения температуры,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T/\Delta t$  – скорость изменения,  $^{\circ}\text{C}/10$  лет)

Начало периода	Конец периода	$\Delta t$	$\Delta T$	$\Delta T/\Delta t$
Годовая температура				
1948	1949	1	-0.004	-0.04
1949	1964	15	0.34	0.22
1964	1987	23	-0.35	-0.15
1987	2010	23	1.19	0.51
Январь				
1948	1950	2	-0.01	-0.06
1950	1962	12	0.64	0.53
1962	1974	12	-0.84	-0.70
1974	1982	8	0.32	0.41
1982	1990	8	-0.29	-0.36
1990	2002	12	-0.90	0.75
2002	2012	10	-0.38	-0.38
Июль				
1948	1949	1	-0.002	-0.02
1949	1964	12	0.40	0.33
1961	1970	9	-0.25	-0.28
1970	1982	12	0.39	0.33
1982	1988	6	-0.06	-0.11
1988	2010	22	1.89	0.86

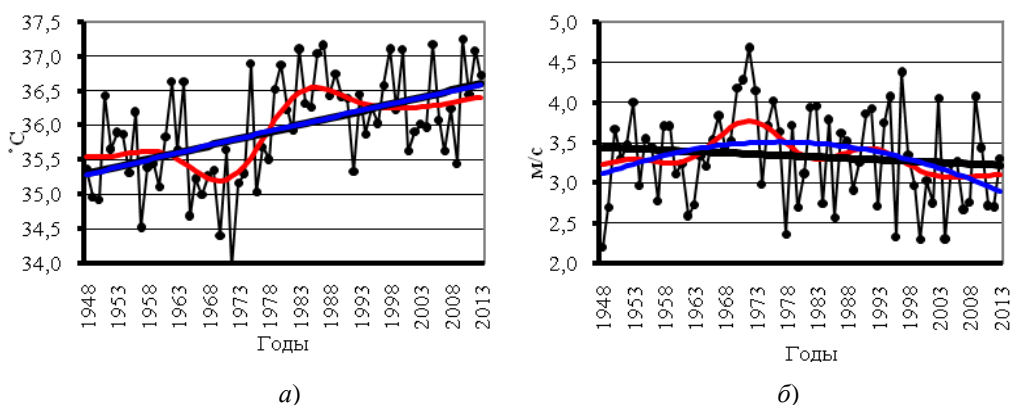


Рис. 4. Температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$  (а) и скорость ветра у Земли (м/с) (б) в центре провинции Хузестан

Естественно, что отмеченные закономерности находят свое отражение в поведении биоклиматических индексов: они также испытывают тенденцию роста. При этом вклад температуры воздуха в эти индексы оказался преобладающим. Следует отметить, что «индекс жары» Стедмена и эффективная температура по Миссенарду ведут себя совершенно одинаково, судя по характеру колебаний низкочастотной компоненты (рис. 6).

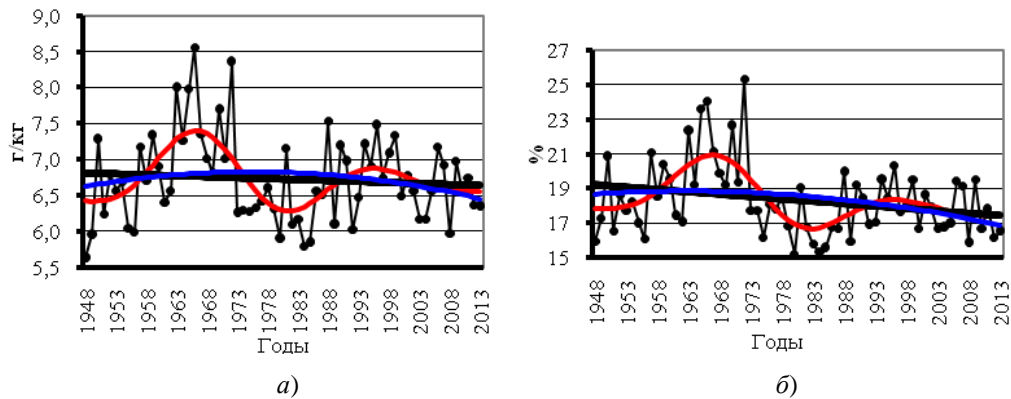


Рис. 5. Массовая доля водяного пара г/кг (а) и относительная влажность воздуха (%) у Земли (б)

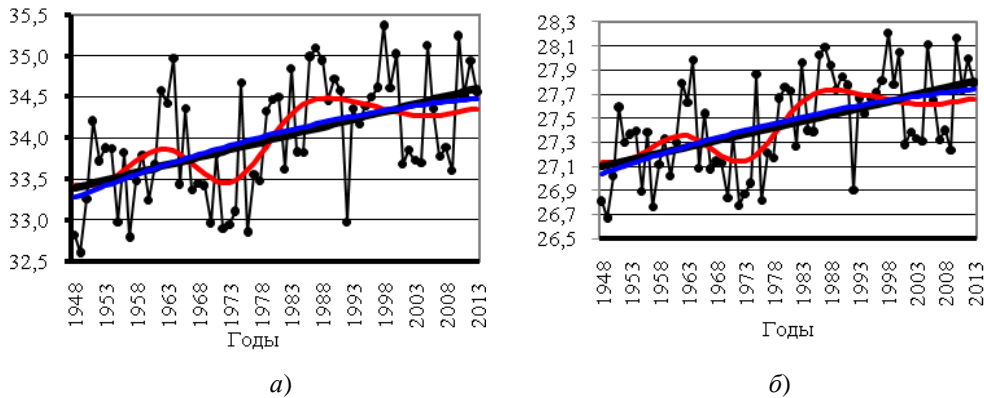


Рис. 6. Многолетний ход индекса «жары» Стэдмена (а) и эффективной температуры по Миссенарду (б) в центре провинции Хузестан

В табл. 4 представлены обработанные за 44-летний период 1973–2013 гг.) данные по температуре воздуха, массовой доле водяного пара и скорости ветра для отмеченного узла. Представленная статистика позволяет судить о годовом ходе метеовеличин, их изменчивости и соответствии нормальному закону распределения. В качестве характеристик распределения используется асимметрия и эксцесс. Принято считать асимметрию малой при коэффициенте асимметрии  $|A| \leq 0.25$ , умеренной при  $0.25 < |A| \leq 0.50$  и большой при  $|A| > 0.5$ . В качестве характеристики крутости используется коэффициент эксцесса  $K$  [10], который колеблется от  $-2$  до  $\infty$ . Во все месяцы года, за исключением ноября, величина асимметрии температуры воздуха относится к малым и умеренным показателям, что свидетельствует о достаточной близости распределения к нормальному закону. Величина СКО характеризует межгодовую изменчивость метеовеличины.

Анализ данных табл. 4 показывает, что температура воздуха испытывает хорошо выраженный годовой ход: наиболее холодный месяц – январь ( $7.89^\circ\text{C}$ ), наиболее теплый – июль ( $36.28^\circ\text{C}$ ). Годовая амплитуда составляет  $28.39^\circ\text{C}$ . Значение СКО температуры невелико: изменяется от  $0.61^\circ\text{C}$  до  $1.59^\circ\text{C}$ . Массовая доля водяного пара меняется в небольших пределах: от  $6.23$  (июнь) до  $7.64$  г/кг



Табл. 4

Распределение статистических показателей метеорологических величин в Хузестане

Температура воздуха у Земли, °С												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднее	7.89	9.63	14.39	21.22	28.18	33.84	36.28	35.34	30.85	23.71	15.91	10.48
Стандартное отклонение	1.59	1.46	1.66	1.27	1.27	0.84	0.61	0.82	0.77	1.08	1.23	1.57
Экссесс	-0.71	-0.49	0.36	-0.70	-0.54	0.00	-0.83	0.15	0.14	-0.65	1.29	0.13
Асимметричность	-0.17	0.43	0.25	0.06	-0.30	-0.37	-0.18	-0.48	-0.37	0.02	-0.76	0.21
Максимум	11.11	12.87	18.63	23.99	30.66	35.41	37.25	36.86	32.18	25.99	18.46	14.65
Минимум	4.90	7.04	10.93	18.81	25.41	31.74	35.03	33.50	28.77	21.72	12.51	7.47
Размах	6.21	5.83	7.70	5.18	5.25	3.67	2.22	3.36	3.41	4.27	5.95	7.18
Массовая доля водяного пара, г/кг												
Среднее	6.27	6.48	7.23	7.64	6.93	6.23	6.57	6.46	6.25	7.18	7.19	6.70
Стандартное отклонение	0.55	0.57	0.72	0.79	0.64	0.32	0.46	0.34	0.52	0.67	0.77	0.68
Экссесс	-0.40	-0.09	-0.11	0.90	0.73	0.08	-0.72	-0.38	1.06	-0.34	-0.05	0.15
Асимметричность	0.18	-0.44	-0.02	0.98	1.03	-0.04	0.35	-0.15	0.86	0.33	0.67	0.26
Максимум	7.48	7.70	8.98	9.76	8.81	6.96	7.53	7.21	7.76	8.73	8.88	8.55
Минимум	5.21	5.07	5.59	6.17	6.03	5.43	5.79	5.77	5.33	5.94	5.86	5.21
Размах	2.27	2.63	3.39	3.60	2.79	1.53	1.74	1.44	2.43	2.79	3.01	3.34
Скорость ветра, м/с												
Среднее	2.43	2.28	1.98	1.94	2.20	3.33	3.28	2.82	2.34	1.70	1.81	2.23
Стандартное отклонение	0.47	0.41	0.27	0.23	0.39	0.50	0.60	0.65	0.39	0.24	0.24	0.43
Экссесс	-0.41	3.05	-0.45	0.86	0.28	0.15	-1.23	-0.73	-0.16	-0.25	3.79	-0.48
Асимметричность	0.33	1.24	0.15	0.67	0.20	0.13	-0.02	0.08	-0.12	0.02	1.53	0.03
Максимум	3.49	3.67	2.53	2.56	3.12	4.51	4.38	4.18	3.04	2.25	2.67	3.04
Минимум	1.57	1.38	1.38	1.45	1.33	2.27	2.29	1.56	1.36	1.21	1.46	1.31
Размах	1.92	2.29	1.15	1.11	1.79	2.24	2.08	2.63	1.68	1.05	1.21	1.74

*Примечание:* в табл. 4 «размах» представляет разность между максимальными и минимальными значениями метеовеличин, достигнутых в 44-летний период.

(апрель). В марте, апреле (весна), октябре, ноябре (осень) значения влажности воздуха несколько выше, чем в остальные месяцы. Ветровой режим в центре провинции Хузестан среднем достаточно слаб. В течение года среднемесячные скорости изменяются в небольших пределах – от 1.70 (октябрь) до 3.28 м/с (июль). В июле усиление ветра происходит в послеполуденные часы из-за усиления термической конвекции.

Следует отметить, что разница между самыми высоким и низкими значениями метеовеличин конкретных месяцев ряда, состоящего из 44 членов, также испытывает годовой ход: величина размаха максимальна для температуры и влажности воздуха зимой и минимальна летом, для скорости ветра всё наоборот, что является следствием неустойчивого состояния атмосферы.

Табл. 5

Значения коэффициентов корреляции  $r$  между приземной температурой  $T$  и индексами циркуляции NAO и АО

Коррелируемые величины	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
для региона												
$r(\text{NAO};T)$	-0.46	-0.47	-0.38	0.03	-0.17	-0.31	-0.19	-0.38	-0.25	-0.50	-0.46	-0.56
$r(\text{AO};T)$	-0.51	-0.50	-0.33	0.11	-0.04	-0.09	0.13	-0.11	-0.19	-0.34	-0.49	-0.55
для ст. Ахваз												
$r(\text{NAO};T)$	-0.39	-0.38	-0.28	0.01	-0.16	-0.11	0.00	-0.19	-0.02	-0.39	-0.38	-0.47
$r(\text{AO};T)$	-0.45	-0.42	-0.18	-0.01	0.02	-0.02	0.15	-0.03	-0.09	-0.26	-0.45	-0.43

*Примечание:* коэффициенты корреляции значимы для 40-летней выборки на уровне 95% надежности при значениях 0.31 и выше; на уровне 99% надежности при значениях 0.40 и выше.

Как известно, температурный режим формируется под влиянием приходящей солнечной радиации, циркуляции атмосферы и характера подстилающей поверхности. Для оценки роли циркуляционного фактора рассчитывались коэффициенты корреляции между индексами атмосферной циркуляции и температурными рядами за 40-летний период (1971–2010 гг.). В качестве индексов циркуляции были взяты значения североатлантического колебания (NAO) и арктической осцилляции (АО). По данным реанализа был сформирован путем усреднения в отдельных узлах сетки температурный ряд температуры в узле вблизи ст. Ахваз. Таким образом, расчеты коэффициентов корреляции производились между двумя температурными рядами и двумя индексами циркуляции.

Результаты представлены в табл. 5. Как видно из таблицы, для холодного периода в целом коэффициенты корреляции превышают значение 0.31, то есть являются значимыми, что свидетельствует о влиянии NAO и АО на температуру региона. Отрицательный знак указывает на противофазность процессов, то есть под влиянием потоков с Северной Атлантики температура понижается. Значимой оказалась также корреляция и для двух летних месяцев – июня и августа. Практически характер связей сохраняется и для отдельного пункта Ахваз. Некоторое понижение тесноты связей обусловлено влиянием местных особенностей.

### Выводы

Получено пространственно-временное описание термического режима на обширной территории стран Персидского залива за период 1948–2013 гг.

Анализ низкочастотных колебаний приземной температуры воздуха в регионе выявил смену их долгопериодных тенденций от зимы к лету: зимой в течение 1948–2013 гг. (66 лет) температурный режим мало изменчив, летом наблюдается достаточно интенсивный рост температуры воздуха, что усиливает засушливость климата региона в целом.

На территории провинции Хузестан выявлена значимая тенденция роста летней температуры, понижения влажности воздуха и ослабление скорости ветра, что неблагоприятно сказывается на самочувствии человека. Рост биокли-

матических индексов – «индекса жары» и эффективной температуры в летний период свидетельствует о снижении уровня комфортности местного климата.

Согласно результатам корреляционного анализа установлено, что на термический режим стран Персидского залива оказывает влияние Северная Атлантика и Арктика через механизм североатлантического и арктического колебаний.

#### Литература

1. *Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Николаев А.А.* Региональные проявления современного потепления климата в тропо-стратосфере Северного полушария // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2005. – № 6. – С. 6–16.
2. *Переведенцев Ю.П., Гоголь Ф.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М.* Глобальные и региональные изменения климата на рубеже XX и XXI столетий // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. География, Геоэкология. – 2007. – № 2. – С. 5–12.
3. *Переведенцев Ю.П., Гоголь Ф.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М.* Динамика полей температуры воздуха Северного полушария в современный период // Проблемы анализа риска. – 2007. – Т. 4, № 1. – С. 73–80.
4. *Переведенцев Ю.П., Занди Р., Аухадеев Т.Р.* Особенности климатических условий в юго-западной части Ирана (на примере провинции Хузестан) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2013. – Т. 155, кн. 4. – С. 144–157.
5. *Tavousi T., Khosravi M., Raeisrouor K.* Synoptical analysis of dust system in Khuzestan Province // *Geography and Development*. – 2011. – V. 8, No 20. – P. 97–118.
6. *Переведенцев Ю.П., Занди Р., Аухадеев Т.Р., Шанталинский К.М.* Особенности режима пыльных бурь в юго-западной части Ирана в начале XXI века // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2014. – Т. 156, кн. 2. – С. 135–146.
7. *Zarasvandi A., Carranza E.J.M., Moore F., Rastmanesh F.* Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran) // *J. Geochem. Explor.* – 2011. – V. 111, No 3. – P. 138–151.
8. *Miri A., Ahmadi H., Ghanbari A., Moghaddamnia A.* Dust storms impacts on air pollution and public health under hot and dry climate // *Int. J. Energy Environ.* – 2007. – V. 1, No 2. – P. 101–105.
9. Руководство по специализированному обслуживанию экономики метеорологической информацией, продукцией, услугами / Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: ГГО им. А.И. Воейкова, 2008. – 336 с.
10. *Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я.* Климатическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 295 с.

Поступила в редакцию  
12.12.14

---

**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)

**Шанталинский Константин Михайлович** – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [Konstantin.Shantalinsky@kpfu.ru](mailto:Konstantin.Shantalinsky@kpfu.ru)

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

E-mail: *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*

\* \* \*

## LONG-TERM CHANGES IN NEAR-SURFACE TEMPERATURE, AIR HUMIDITY, AND WIND SPEED OF THE PERSIAN GULF REGION

*Yu.P. Perevedentsev, K.M. Shantalinskii, R. Zandi, T.R. Aukhadeev*

### Abstract

Spatial and temporal changes in the temperature conditions of the Persian Gulf region (27.5–40° N, 37.5–55.0° E) have been considered. The study is based on the reanalysis of near-surface air temperature, mass fraction of water vapour, atmospheric pressure reduced to sea level, and wind speed. Statistical processing of the material, as well as construction of linear trends and low-frequency components of the filtered meteorological parameters with oscillations for periods of less than 10 years, has revealed certain trends of long-period changes in the basic climatic indicators. It has been demonstrated that the temperature tends to increase in July, whereas the characteristics of air humidity and wind speed, on the contrary, decrease. In addition, the bioclimatic indices (“heat index”, effective temperature, etc.) point to a worsening of the climatic conditions, which affects human health.

**Keywords:** air pressure, air temperature and humidity, wind speed, dust storms, bioclimatic indices.

### References

1. Perevedentsev Yu.P., Vereshchagin M.A., Naumov E.P., Shantalinskii K.M., Nikolaev A.A. Regional signs of climate warming in the tropo-stratosphere of the Northern Hemisphere. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2005, no. 6, pp. 6–16. (In Russian)
2. Perevedentsev Yu.P., Gogol' F.V., Naumov E.P., Shantalinskii K.M. Global and regional climate changes at the turn of the 20th and 21st centuries. *Vestn. Voronezh. Gos. Univ., Ser. Geogr., Geoecol.*, 2007, no. 2, pp. 5–12. (In Russian)
3. Perevedentsev Yu.P., Gogol' F.V., Naumov E.P., Shantalinskii K.M. Dynamics of the air temperature patterns in the Northern Hemisphere during the current period. *Probl. Anal. Riska*, 2007, vol. 4, no. 1, pp. 73–80. (In Russian)
4. Perevedentsev Yu.P., Zandi R., Aukhadeev T.R. Specific features of the climatic conditions in the northwestern part of Iran (Khuzestan Province). *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta, Seriya Estestvennye Nauki*, 2013, vol. 155, no. 4, pp. 144–157 (In Russian)
5. Tavousi T., Khosravi M., Raeispouor K. Synoptical analysis of dust system in Khuzestan Province. *Geography and Development*, 2011, vol. 8, no. 20, pp. 97–118.
6. Perevedentsev Yu.P., Zandi R., Aukhadeev T.R., Shantalinskii K.M. Special features of dust storms in the southwestern part of Iran in the early 21st century. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta, Seriya Estestvennye Nauki*, 2014, vol. 156, no. 2, pp. 135–146. (In Russian)
7. Zarasvandi A., Carranza E.J.M., Moore F., Rastmanesh F. Spatio-temporal occurrences and mineralogical–geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). *J. Geochem. Explor.*, 2011, vol. 111, no. 3, pp. 138–151.
8. Miri A., Ahmadi H., Ghanbari A., Moghaddamnia A. Dust storms impacts on air pollution and public health under hot and dry climate. *Int. J. Energy Environ.*, 2007, vol. 1, no. 2, pp. 101–105.
9. Guidelines on Specialized Services in Economy Using Meteorological Information, Products, and Services. Ed. N.V. Kobysheva. St. Petersburg, GGO im. A.I. Voeikova, 2008. 336 p. (In Russian)

10. Kobysheva N.V., Narovlyanskii G.Ya. Climatic Processing of Meteorological Data. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1978. 295 p. (In Russian)

Received  
December 12, 2014

---

**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*

**Shantalinskii Konstantin Mikhailovich** – PhD in Geography, Associate Professor, Department of Meteorology, Climatology and Ecology of the Atmosphere, Kazan Federal University, Kazan, Russia.  
E-mail: *Konstantin.Shantalinsky@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*

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