

УДК 551.5

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ТЕРРИТОРИИ ИРАКА В ПЕРИОД 1979–2016 гг.

*Ю.П. Переведенцев, С.К. Аль-Маамури,  
К.М. Шанталинский, Т.Р. Аухадеев*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань  
yperaved@kpfu.ru*

Рассмотрены пространственно-временные изменения температуры воздуха, атмосферного давления и скорости ветра на территории Ирака. В качестве исходных данных послужили суточные данные реанализа ERA-Interim с разрешением  $0,75^\circ \times 0,75^\circ$  в период 1979–2016 гг. Особое внимание уделено анализу распределения температуры воздуха и массовой доли озона до высоты 64 км (0,1 гПа), что позволило оценить годовую и межгодовую изменчивость указанных параметров, определить степень тесноты вертикальных статистических связей между уровнями тропо-стратосферы и нижней мезосферы.

*Ключевые слова:* атмосферное давление, температура воздуха, линейный тренд, коэффициенты корреляции, озон.

### Введение

К числу основных экологических проблем в современный период относят климатические вызовы. Так, на Парижском совещании в 2015 г. было принято соглашение об ограничении выбросов парниковых газов в атмосферу, чтобы не допустить повышения средней глобальной температуры (СГТ) более чем на  $2^\circ\text{C}$ . Согласно данным Пятого оценочного доклада МГЭИК [9], за период 1880–2012 гг. СГТ повысилась на  $0,85^\circ\text{C}$  [9].

Ожидается, что к концу 21 столетия, согласно расчетам на климатических моделях, она может повыситься на  $1,5\text{--}4,5^\circ\text{C}$ , а в регионах этот процесс может происходить еще более интенсивно. Для многих стран, расположенных в засушливых регионах, эти изменения температурного режима окажутся весьма болезненными. К числу таких стран относится Ирак. Настоящая работа выполнена в развитие ранее опубликованной авторами статьи [5], посвященной анализу долгопериодных изменений температуры воздуха и атмосферного давления на территории Ирака и прилегающих к нему стран Ближнего Востока. Здесь главное внимание уделяется анализу изменений термодинамических параметров в тропо-стратосфере и нижней мезосфере в период 1979–2016 годов.

### Исходный материал и методика расчетов

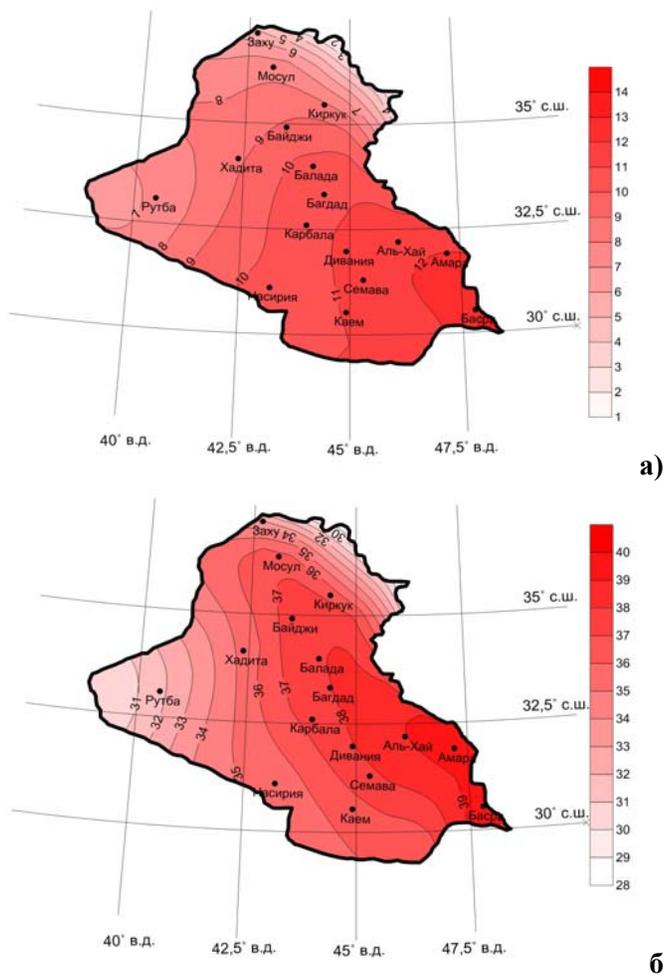
В качестве исходного материала использовались суточные данные реанализа ERA-Interim с разрешением  $0,75^\circ \times 0,75^\circ$  на 26 изобарических поверхностях от 1000 до 0,1 гПа в период 1979–2016 гг. Основные сведения об исходном информационном продукте содержатся в [7]. Рассчитывались в узлах сетки на уровне моря многолетние средние месячные значения атмосферного давления, температуры воздуха, относительной влажности и скорости ветра, коэффициенты наклона линейного тренда, что позволило построить карты распределения указанных величин. На втором этапе исследования температура воздуха и величина массовой доли озона осреднялись по территории Ирака ( $30\text{--}35^\circ$  с. ш.,  $40\text{--}47,5^\circ$  в. д.) на 26 изобарических поверхностях. Вычислялись среднемесячные значения и их тренды, вертикальные коэффициенты корреляции. По методике, изложенной в [4], определялись характеристики низкочастотной изменчивости с периодом более 10 лет температуры воздуха и массовой доли озона, строились вертикальные разрезы многолетнего хода первых разностей низкочастотных колебаний температуры воздуха и массовой доли озона, осредненных по территории Ирака.

#### Распределение средних значений метеорологических величин на территории Ирака

Распределение средней месячной температуры воздуха (ТВ) на территории Ирака по данным реанализа ERA-Interim (1979–2016 гг.) во многом определяется характером подстилающей поверхности (рис. 1). Так, в январе она убывает от  $14^\circ\text{C}$  (крайний юго-восток) до  $1^\circ\text{C}$  в гористой местности северной части Ирака, где изотермы сгущаются. В центральной части страны (Багдад) ТВ составляет  $10,5^\circ\text{C}$ . Гребень тепла направлен с юго-востока на северо-запад. В апреле происходит значительное повышение ТВ от  $27^\circ\text{C}$  в районе Басра (крайний юго-запад) до  $13^\circ\text{C}$  на крайнем севере. В центре температура повышается до  $23\text{--}25^\circ\text{C}$ , ось гребня тепла сохраняет свое направление. Заметно возрастает температура в западной части Ирака (Рутба) от  $7$  до  $20^\circ\text{C}$ . Максимальных значений ТВ достигает в июле, на всей территории страны она превышает  $30^\circ\text{C}$ , убывая с юго-запада от  $39$  до  $32^\circ\text{C}$  на крайнем севере Ирака. В октябре по-прежнему температурный фон высокий: на юго-западе  $29^\circ\text{C}$ , в центре  $\sim 27^\circ\text{C}$  и лишь на крайнем севере она опускается до  $18^\circ\text{C}$ . Амплитуда годового хода составляет порядка  $26^\circ\text{C}$  на юго-западе и  $28^\circ\text{C}$  на севере.

Распределение среднемесячных значений атмосферного давления в январе на территории Ирака на уровне моря определяется периферией области высокого давления, барическое поле размытое, на северо-востоке давление достигает 1021 гПа, а на западе в районе Рутба давление составляет 1019,4 гПа (рис. 2). В апреле с юго-востока на северо-запад вытянута ложбина низкого давления, в районе Багдада значение давления составляет  $\sim 1010$  гПа, оно несколько выше на северо-востоке ( $\sim 1013$  гПа). В июле барическая ложбина углубляется, и самое низкое значение наблюдается на крайнем юго-востоке (996,5 гПа). Ось ложбины простирается

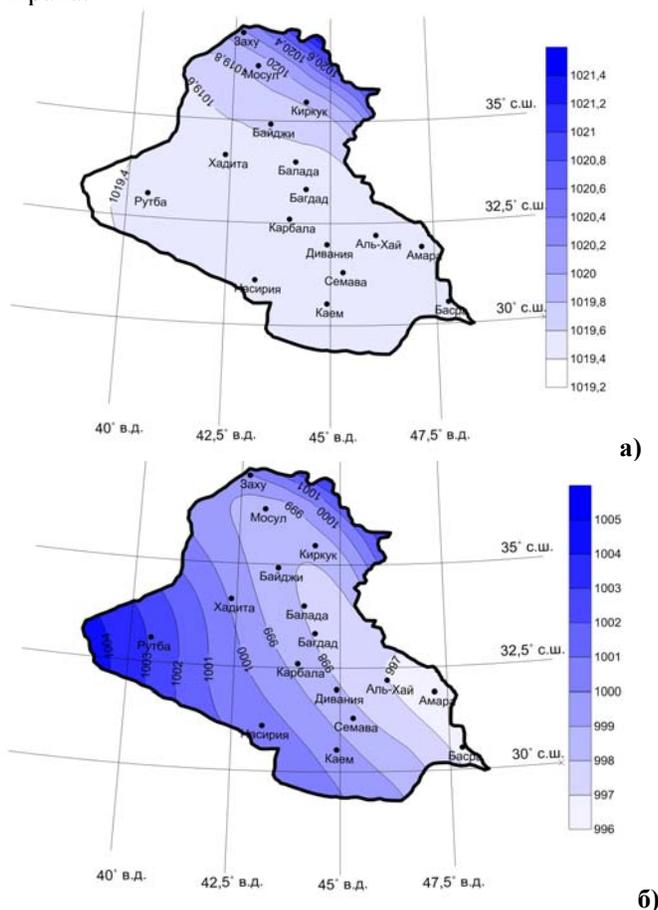
с юго-востока на северо-запад рассматриваемой территории. В октябре фон атмосферного давления возрастает, но конфигурация изобар сохраняется. Давление на юго-востоке составляет 1011,5 гПа, а на крайнем севере достигает до 1015 гПа. Перепад давления в годовом ходе в районе Багдада составляет 21 гПа.



**Рис. 1.** Среднее месячное значение температуры воздуха, °С: январь (а); июль (б).

Средние многолетние значения скорости ветра испытывают небольшой годовой ход. В январе значения скорости ветра меняются по территории Ирака в пределах от 1,8 м/с (север) до 3,4 м/с (запад), в апреле от 2 до 3,6 м/с. В июле поле изоток перестраивается и скорость ветра заметно усиливается. Повсеместно она превышает 4 м/с, достигая на юго-востоке и северо-западе 5 м/с. В октябре наблюдается заметное снижение скорости ветра. Она падает от 3,3 м/с (юго-запад) до 1,7 м/с (север). Конвективная

неустойчивость в летний период усиливает скорость ветра у земли, что в свою очередь способствует возникновению пыльных бурь на иссушенной территории Ирака.



**Рис. 2.** Среднее месячное значение атмосферного давления на уровне моря, гПа: январь (а), июль (б).

Для выявления тенденций изменения метеовеличин во времени в период 1979–2016 гг. рассчитывались коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ)  $\alpha$  для рядов температуры, давления, относительной влажности и скорости ветра. Рассмотрим долговременные тенденции изменения ТВ. В январе значения КНЛТ мало меняются по территории, повсеместно значение  $\alpha$  положительное и составляет  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет, лишь на западе в районе Рутбы  $\alpha = 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет. В апреле значения величины  $\alpha$  немного возрастают и достигают максимальных значений на северо-востоке ( $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет), на остальной территории –  $\alpha \sim 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет. В июле прирост  $\alpha$  наблюдается с востока на запад от  $0,3$  до  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет. В октябре наблюдается наиболее сложная структура пространственного

распределения КНЛТ. Наиболее низкие значения  $\alpha$  на крайнем юго-востоке вблизи Басры ( $\sim 0,3$  °C/10 лет), на севере и западе  $\alpha$  достигают значений  $0,6$  °C/10 лет, а на небольшой территории на юго-западе  $\alpha = 0,7$  °C/10 лет. Таким образом, в поле температуры отмечается четко выраженная тенденция роста температуры воздуха в течение всего года, что усиливает засушливость региона.

Рассматривая карту распределения КНЛТ атмосферного давления в различные сезоны года, обнаруживается общая закономерность: атмосферное давление  $p$  на уровне моря повсеместно снижается. Так, в январе величина КНЛТ достигает значения  $-0,27$  гПа/10 лет на западе Ирака (в целом по Ираку КНЛТ колеблется в пределах от  $-0,12$  до  $-0,27$  гПа/10 лет). В апреле наибольшее падение  $p$  отмечается в центре и на севере страны ( $-0,32$  гПа/10 лет), в июле численные значения КНЛТ уменьшаются до  $-0,1$  гПа/10 лет, при этом наименьшая скорость падения отмечается в районе Басры ( $-0,05$  гПа/10 лет). В октябре скорость понижения давления возрастает, и КНЛТ меняются в пределах от  $-0,26$  до  $-0,36$  гПа/10 лет.

Численные значения КНЛТ скорости ветра также незначительны. Так, в январе КНЛТ меняется в пределах  $0,03$ – $0,06$  м/с/10 лет. В апреле на большей части территории наблюдается слабое понижение скорости ветра ( $\alpha = -0,02$  –  $-0,01$  м/с/10 лет) и лишь на севере скорость ветра растет ( $\alpha = 0,06$  м/с/10 лет). В июле на всей территории отмечается усиление скорости ветра. Величина  $\alpha$  достигает максимальных значений на юго-востоке ( $0,2$  м/с/10 лет) и на западе ( $0,1$  м/с/10 лет). На юге и севере, да и в центре Ирака усиление скорости ветра незначительно ( $\alpha = 0,05$  м/с/10 лет). В октябре на востоке наблюдается усиление скорости ветра ( $\alpha = 0,12$  м/с/10 лет), а на западе, наоборот, ослабление со скоростью  $-0,12$  м/с/10 лет. В центре скорость ветра во времени практически не меняется, а на севере она растет со скоростью  $0,04$  м/с/10 лет. Таким образом, во всех рассмотренных полях метеовеличин гористый север страны создает климатические условия, отличные от равнинных территорий.

### **Климатические изменения в Ираке от уровня земли до высоты 64 км**

Современные измерительные и вычислительные технологии позволяют анализировать атмосферные процессы до больших высот. Здесь рассмотрены особенности термического режима над Ираком в тропосфере, стратосфере и нижней мезосфере. Известно, что воздух в тропосфере нагревается от земной поверхности, в стратосфере нагревание происходит вследствие поглощения молекулами озона ультрафиолетовой радиации. И если в тропосфере температура воздуха понижается с высотой, то в стратосфере, наоборот, повышается, а в мезосфере снова понижается. Согласно [10], тропосфера, стратосфера и мезосфера имеют фундаментальные различия с точки зрения радиационного режима, вертикального распределения температуры, химического состава. В более ранних работах авторов [2, 3] рассматривалась динамика полей температуры воздуха и циркуляции

атмосферы в Северном полушарии, в работах [6, 8] исследовались структура и циркуляция стратосферы и мезосферы Северного полушария, корреляционные связи между параметрами нижней и средней атмосферы. Рассмотрим распределение ТВ, вертикального градиента температуры и массовой доли озона над Ираком.

В табл. 1 представлено распределение по вертикали низкочастотной изменчивости средних значений температуры воздуха, массовой доли озона и величины наклона линейных трендов температуры ( $^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) и массовой доли озона ( $10^{-3} \text{‰}/\text{год}$ ) на 26 изобарических поверхностях.

**Таблица 1.** Характеристики низкочастотной изменчивости средних температур и массовой доли озона территории Ирака на 26 изобарических поверхностях

P	Январь				Июль			
	t, $^{\circ}\text{C}$	$\alpha_t$	S	$\alpha_s$	t, $^{\circ}\text{C}$	$\alpha_t$	S	$\alpha_s$
1000	12,31	0,059	0,03	0,000	38,79	0,016	0,04	-0,001
925	8,60	0,058	0,04	0,000	34,24	0,011	0,08	-0,001
850	4,82	0,040	0,05	0,000	28,35	0,010	0,11	-0,001
700	-3,27	0,006	0,06	0,000	14,64	0,013	0,13	-0,001
600	-10,35	-0,004	0,07	0,000	5,68	0,017	0,13	-0,001
500	-19,54	-0,008	0,07	-0,001	-3,14	0,005	0,13	-0,001
400	-31,09	0,000	0,08	-0,001	-12,66	0,000	0,13	-0,001
300	-44,66	0,013	0,12	0,000	-26,79	0,015	0,13	-0,001
250	-51,00	0,024	0,16	0,000	-35,83	0,029	0,13	-0,001
200	-55,03	0,032	0,23	0,001	-46,77	0,027	0,14	0,000
150	-58,46	0,010	0,34	0,001	-60,55	0,012	0,16	0,000
100	-64,94	-0,020	0,77	0,000	-74,70	-0,006	0,34	-0,002
70	-65,72	-0,045	2,08	-0,001	-72,68	-0,028	1,40	-0,007
50	-63,01	-0,048	4,27	0,002	-62,77	-0,041	3,33	0,005
30	-57,98	-0,056	7,92	-0,003	-53,94	-0,033	6,75	0,051
20	-53,84	-0,066	10,34	-0,015	-48,65	-0,024	10,74	0,035
10	-46,26	-0,023	12,50	-0,023	-40,63	-0,024	15,03	-0,026
7	-39,86	-0,075	12,29	-0,005	-35,55	-0,011	14,86	-0,021
5	-32,37	-0,133	11,47	0,023	-29,36	-0,035	13,66	-0,002
3	-22,61	-0,125	9,24	0,041	-19,49	-0,088	9,96	0,018
2	-17,25	-0,039	7,15	0,020	-14,62	-0,065	7,44	0,011
1	-14,07	0,103	4,55	-0,005	-10,68	0,079	4,88	-0,005
0,8	-14,22	0,119	3,88	-0,006	-10,49	0,109	4,27	-0,006
0,51	-17,00	0,124	2,95	-0,005	-14,84	0,112	3,54	-0,005
0,29	-24,80	0,119	2,08	-0,002	-26,34	0,064	2,61	-0,003
0,1	-39,87	0,074	1,12	-0,001	-48,28	-0,029	1,37	-0,001

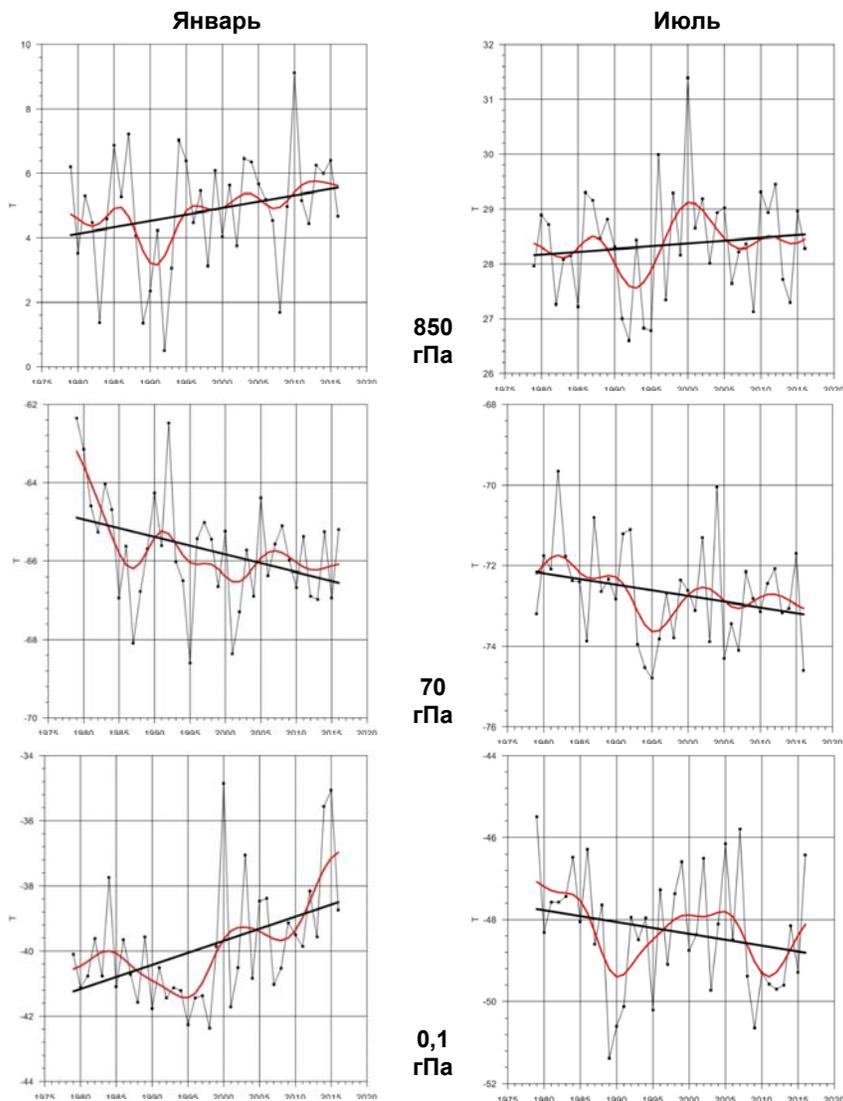
*Примечание:* t – средняя многолетняя температура,  $^{\circ}\text{C}$ ; S – средняя многолетняя массовая доля озона ( $10^{-3} \text{‰}$ );  $\alpha_t$  – коэффициент наклона линейного тренда температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}/\text{год}$ );  $\alpha_s$  – коэффициент наклона массовой доли озона ( $\text{‰}/\text{год}$ ).

Как видно из таблицы, в январе и июле наблюдается понижение температуры в тропосфере и нижней стратосфере: в январе она уменьшается в слое 1000–70 гПа от 12,31 до -65,72 °С, а в июле от 38,79 до -74,70 °С в слое 1000–100 гПа. Летом происходит более значительное понижение температуры с высотой, чем зимой. Далее в январе в более высоких слоях стратосферы наблюдается инверсия температуры (в слое 50–1 гПа она повышается до -14,07 °С), а затем в нижней мезосфере вновь температура падает до значения -39,87 °С на уровне 0,1 гПа. В июле инверсия заканчивается на уровне 0,8 гПа ( $t = -10,49$  °С), затем наблюдается сильное понижение температуры воздуха до -48,28 °С на уровне 0,1 гПа. В летний период в стратосфере и мезосфере ТВ достигает более низких значений, однако в слое 50–0,51 гПа ее значения более высокие, чем в зимний, что свидетельствует о неоднородности термических процессов.

В целом и в январе, и в июле в тропосфере происходит повышение ТВ, о чем свидетельствуют положительные значения КНЛТ. При этом в слое 1000–150 гПа значения КНЛТ температуры воздуха в январе более значительны, чем в июле. Так, в январе на уровне 1000 гПа значения  $\alpha = 0,059$  °С/год, а в июле лишь 0,016 °С/год, что свидетельствует о более активных процессах в зимний период. В стратосфере от уровня 100 гПа до уровня 2 гПа как в январе, так и июле наблюдается отрицательный тренд температуры, происходит охлаждение стратосферы, что соответствует парниковой теории современного потепления климата. В нижней мезосфере наблюдается обратный процесс – КНЛТ  $> 0$  в январе в слое 1–0,1 гПа и в июле в слое 1–0,29 гПа. В целом в нижней мезосфере в январе скорость роста ТВ несколько превышает аналогичный показатель для лета. Следует отметить, что в январе в слое 5–0,29 гПа отмечаются наибольшие значения КНЛТ температуры воздуха всей рассматриваемой вертикали.

Анализ рис. 3 с многолетним ходом температур воздуха на территории Ирака на различных уровнях тропо-стратосферы и мезосферы показывает, что начиная с уровня 5 гПа наблюдаются хорошо выраженные долговременные колебания с периодом 8–10 лет температуры с большими амплитудами. Процессы в более высоких слоях атмосферы менее устойчивые, что не исключает влияния внешних воздействий со стороны гелиогеофизических факторов.

Распределение массовой доли озона (S), рассчитываемой в  $10^{-3}$  промилле (‰), по вертикали (на 26 изобарических поверхностях) показывает, что в летней тропосфере в слое 1000–300 гПа концентрация озона более высокая, чем в зимней, однако в слое 250–30 гПа наблюдается обратная картина – в январе показатель массовой доли озона становится выше, чем в июле. В более высоких слоях атмосферы (20–1 гПа) массовая доля озона в июле становится больше, чем в январе. При этом максимальных значений концентрация  $O_3$  достигает в слое 20–5 гПа, где ее показатель выше 10. Следовательно, в июле за счет усиления потока ультрафиолетовой радиации происходит большая активизация фотохимических реакций образования озона, чем в январе.

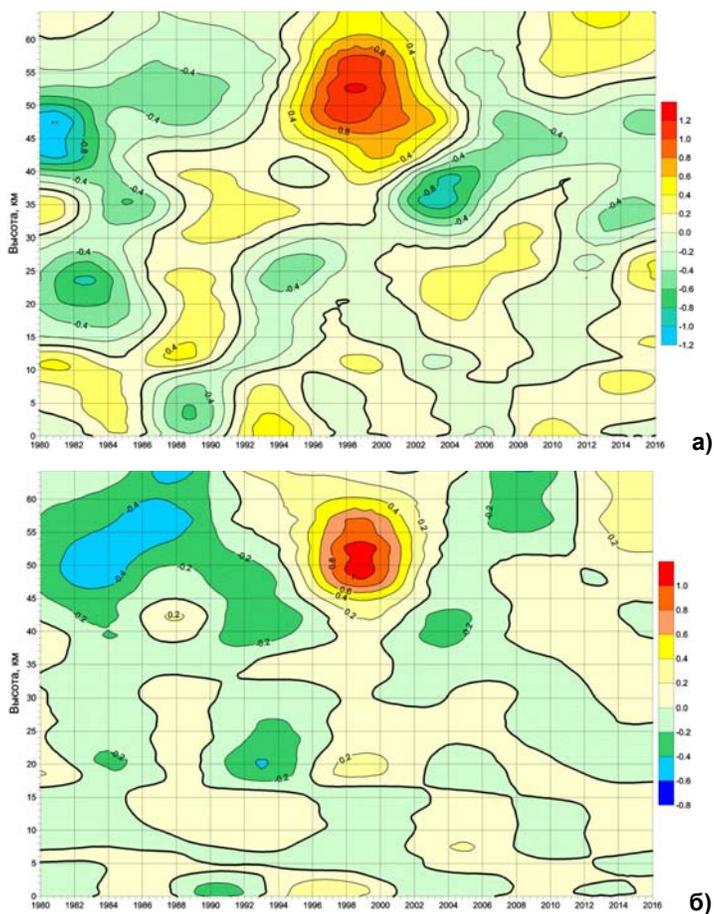


**Рис. 3.** Многолетний ход температуры воздуха на территории Ирака (30–35° с. ш., 40–47,5° в. д.). Исходный ряд, линейный тренд, НЧК с периодом более 10 лет.

Что касается долговременного изменения массовой доли озона в период 1979–2016 гг., то в тропосфере в июле она имеет отрицательный тренд, в слое 50–1 гПа есть определенная переменяемость в знаке тенденции: в слое 50–20 гПа отмечается рост, в слое 10–5 гПа падение, в слое 3–2 гПа рост и начиная с 1 гПа до 0,1 гПа, прослеживается отрицательная тенденция содержания озона. Все это свидетельствует о сложном механизме процессов в страто-мезосфере, где помимо фотохимических

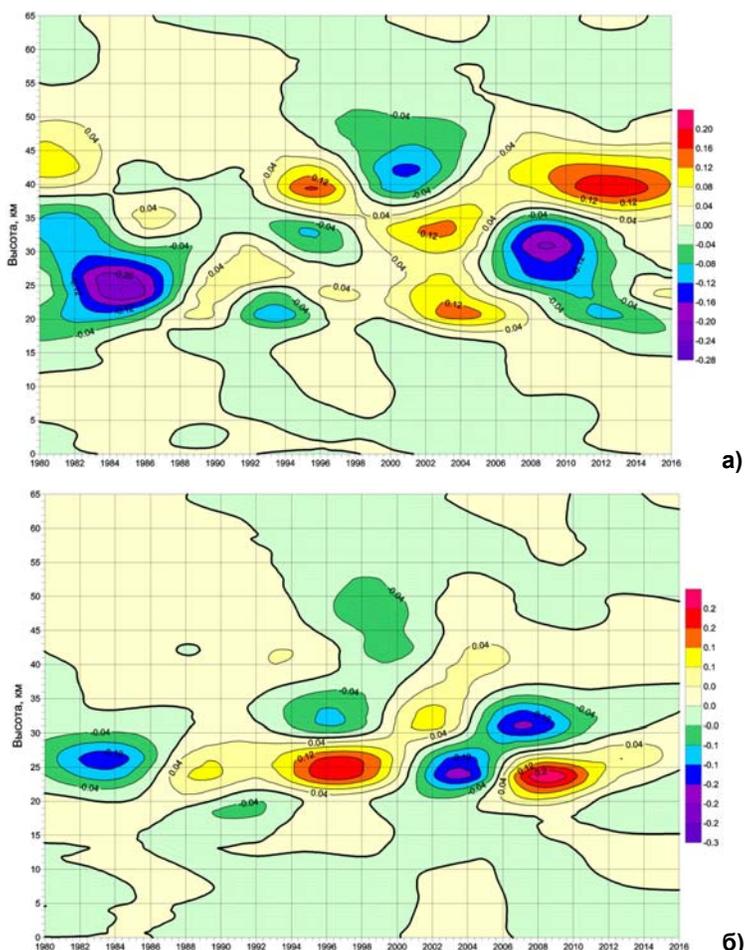
факторов необходимо учитывать и динамические (циркуляционные и вертикальный обмен между слоями). В январе до уровня 100 гПа существенных изменений нет, лишь в нижней мезосфере наблюдается устойчивая отрицательная тенденция понижения массовой доли озона.

Анализ высотно-временных разрезов первых разностей низкочастотных компонент (НЧК) с периодом более 10 лет температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) в январе и июле показал, что в январе процессы протекают более активно, чем летом, особенно в слое 0–30 км (рис. 4). Очаги повышенных значений разностей НЧК ТВ в многолетнем разрезе ( $0,4^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) возникают в период 1980–1986 гг. в январе, а в июле картина достаточно спокойная, наблюдается плавное чередование областей с положительной и отрицательной тенденцией изменения ТВ. В январе в страто-мезосфере (с 30 км и выше) происходит чередование четко выраженных очагов с отрицательными и положительными значениями разностей.



**Рис. 4.** Вертикальный разрез многолетнего хода первых разностей НЧК с периодом более 10 лет температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) осредненной по территории Ирака: январь (а); июль (б).

При этом следует отметить, что в июле колебания рассматриваемого параметра происходят примерно в те же годы. Так, в 1980–1994 гг. первые разности отрицательные, что свидетельствует о похолодании среды, а с 1994 по 2004 г. наблюдается значительное потепление в слое 40–64 км как в январе, так и в июле. Затем идет похолодание, и начиная с 2008 г. в январе, а в июле с опозданием в 4 года, началось потепление в верхних слоях. Следует однако отметить, что в январе картина более сложная (мозаичная), чем в июле. Что касается структуры аналогичного разреза для массовой доли озона, то здесь основные процессы происходят в слое 20–50 км (рис. 5), где наблюдается максимальная концентрация озона в озоносфере. Требуется специальное исследование для установления связей между характером поведения ТВ и  $O_3$ .



**Рис. 5.** Вертикальный разрез многолетнего хода первых разностей НЧК с периодом более 10 лет массовой доли озона (%), осредненной по территории Ирака: январь (а); июль (б).

Рассмотрены корреляционные связи между соседними изобарическими поверхностями в поле температуры в целом для года, января и июля (табл. 2). Как видно из данных табл. 2, в нижней тропосфере в слое 1000–850 гПа значения коэффициентов корреляции  $r$  независимо от времени года около 1, однако в июле в слое 850–400 гПа они заметно снижаются, особенно между уровнями 700 и 600 гПа ( $r = 0,35$ ). Выделяется слой тропопаузы 200–150 гПа, где вертикальные связи резко ослабевают, особенно в июле, когда между соседними уровнями 150 и 100 гПа  $r = 0,28$ . На стратосферных уровнях связи достаточно тесные, и они вновь ослабевают в области стратопаузы. Так, между уровнями 2 и 1 гПа в годовом измерении  $r = 0,31$ , в январе  $r = 0,59$  и в июле  $r = 0,17$ . В мезосфере корреляционные связи вновь усиливаются.

**Таблица 2.** Коэффициенты корреляции временных рядов ( $r$ ) осредненной по территории Ирака средней годовой, январской и июльской температур воздуха (1979–2016 гг.) на соседних изобарических поверхностях

$P_n$ , гПа	$P_v$ , гПа	Год		
		Год	Январь	Июль
Земля	1000	0,96	0,97	0,89
1000	925	1,00	1,00	1,00
925	850	0,99	0,98	0,99
850	700	0,94	0,93	0,62
700	600	0,93	0,98	0,35
600	500	0,95	0,99	0,84
500	400	0,96	0,95	0,72
400	300	0,87	0,65	0,73
300	250	0,90	0,81	0,93
250	200	0,81	0,79	0,96
200	150	0,48	0,70	0,81
150	100	0,45	0,59	0,28
100	70	0,88	0,88	0,48
70	50	0,91	0,88	0,79
50	30	0,85	0,87	0,85
30	20	0,86	0,90	0,94
20	10	0,44	0,15	0,64
10	7	0,80	0,83	0,81
7	5	0,81	0,92	0,85
5	3	0,80	0,79	0,78
3	2	0,72	0,58	0,94
2	1	0,31	0,59	0,17
1	0,8	0,99	0,98	0,99
0,8	0,51	0,99	0,91	0,96
0,51	0,29	0,99	0,92	0,93
0,29	0,1	0,83	0,81	0,57

Важным параметром атмосферы и климатической системы в целом является вертикальный температурный градиент  $\gamma$ , характеризующий статическую устойчивость атмосферы. От величины  $\gamma$  зависят условия реализации бароклинной неустойчивости и тем самым циклонической активности в атмосфере [1]. Расчеты величин  $\gamma$  между слоями показал, что в тропосфере в слое 1000–100 гПа они положительны в январе и июле и меняются в пределах 0,71–0,26 (январь) и 0,82–0,55 °C/100 м (июль), в слое 50–1 гПа в январе и в слое 70–1 гПа в июле отрицательны и затем вновь принимают положительные значения. Отметим, что на стратосферных уровнях вертикальные градиенты температуры значительно меньше по величине по сравнению с тропосферой. Значения КНЛТ невелики, преобладают положительные значения, однако в отдельных слоях, например в слое 2–0,8 гПа в июле, они отрицательны.

### Основные выводы

1. Исследована динамика пространственно-временных изменений полей температуры воздуха, атмосферного давления и скорости ветра у земли на территории Ирака в период 1979–2016 гг. по данным реанализа. Отмечается рост температуры воздуха в регионе.

2. Отмечается значительная пространственно-временная неоднородность в распределении термодинамических характеристик и озона, обусловленных различием физических механизмов, регулирующих термический режим в слоях атмосферы.

3. Происходит чередование знака КНЛТ температуры воздуха по вертикали в соответствии с теорией глобального потепления климата: в тропосфере температура растет, в стратосфере понижается.

4. В верхней стратосфере и нижней мезосфере (45–60 км) отмечаются очаги роста или понижения температуры с цикличностью в 8–10 лет. В озоносфере аналогичный процесс происходит ниже – в слое 25–40 км.

5. Сравнение высотных результатов по Ираку с материалами, полученными для тропической и умеренной зон Северного полушария, приводит к выводу, что данные реанализа ERA-Interim объективно отражают основные закономерности динамики климатических показателей в регионе.

*Поступила в редакцию 20.10.2017 г.*

### Список использованных источников

1. Мохов И.И., Акперов М.Г. Вертикальный температурный градиент в тропосфере и его связи с приповерхностной температурой по данным реанализа // Известия РАН. ФАО. 2006. Т. 42, № 4. С. 467-475.

2. 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.

3. *Переведенцев Ю.П., Мохов И.И., Елисеев А.В. и др.* Теория общей циркуляции атмосферы. Казань: Казан.ун-т, 2013. 224 с.

4. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Вахидова Н.А.* Пространственно-временные изменения основных показателей температурно-влажностного режима в Приволжском федеральном округе // *Метеорология и гидрология*. 2014. № 4. С. 32-48.

5. *Переведенцев Ю.П., Аль-Маамури С.К., Аухадеев Т.Р.* Термобарический режим Ирака за период 1948-2013 гг. // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2016. Т. 158. Кн. 1. С. 148-159.

6. *Тарасенко Д.А.* Структура и циркуляция стратосферы и мезосферы Северного полушария. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 287 с.

7. *Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J. et al.* The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system // *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 2011. No. 137. P. 552-597.

8. *Fahrutdinova A.N., Perevedentsev Yu.P., Guryanov V.V., Kulikov V.V.* Dynamical processes and correlations at midlatitudes in the lower and middle atmosphere // *Advances in Space Research (includes Cospar Information Bulletin)*. 2001. T. 27, No. 10. P. 1667-1672.

9. IPCC Report. The Physical Science Basis, 2013. Cambridge Univ. Press, 2013. 2216 p.

10. *Mohanakumar K.* Stratosphere-troposphere Interactions // Springer. 2008. 416 p.

## SUMMARIES

**Spacial-temporal changes of climatic characteristics on the territory of Iraq in the period 1979-2016** / Perevedentsev Y.P., Al-Maamuri S.K., Shantalinskiy K.M., Auhadeev T.R. // *Proceedings of Hydrometcentre of Russia*. 2017. Vol. 366. P. 145-157.

Considered are spacial-temporal variations in air temperature, atmospheric pressure and wind speed in Iraq. Initial data were the daily data of ERA-Interim reanalysis with a resolution of  $0,75^{\circ} \times 0,75^{\circ}$  in the period 1979–2016. Particular attention is paid to the analysis of the distribution of air temperature and the mass fraction of ozone up to a height of 64 km (0,1 hPa), which made it possible to estimate the annual and interannual variability of these parameters and determine the degree of tightness of vertical statistical links between the tropospheric and lower mesosphere levels.

*Keywords:* atmospheric pressure, air temperature, linear trend, correlation coefficients, ozone.