



2014, №4, с 27-39

2014, №4, pp.27-39

УДК 911.52 (470.67)

РЕАКЦИЯ ПОЛУПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИМОРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ ДАГЕСТАНА НА СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Атаев З.В.¹, Братков В.В.², Гаджибеков М.И.³

¹ Дагестанский государственный педагогический университет, ул. Ярагского, 57

¹ Прикаспийский институт биологических ресурсов

Дагестанского научного центра РАН,

² Московский государственный университет геодезии и картографии, Гороховский пер., 4

³ Дагестанский государственный университет, ул. Дахадаева, 21

THE REACTION OF THE SEMI-DESERT LANDSCAPES OF PRIMORSKAYA LOWLAND OF DAGESTAN ON MODERN CLIMATIC CHANGES

Atayev Z.V.¹, Bratkov V.V.², Gadzhibekov M.I.³

¹ Dagestan State Pedagogical University, st. Jaragskogo, 57

¹ Caspian Institute of Biological Resources of Dagestan Scientific Center of RAS, st. M. Gadjeva

² Moscow State University of Geodesy and Cartography, Gorokhovsky lane.

³ Dagestan State University, St. Dachadaeva 21

Abstract. Aims. The authors of the article analyze climatic conditions in semi-desert landscapes of Primorskaya lowland of Dagestan for 1882-2012. There were also analyzed changes in these parameters over decades, in general, the contribution of certain seasons and months in annual temperature and precipitation change is revealed.

Location. Primorskaya lowland of Dagestan.

Methods. By means of methods of mathematical statistics there were analyzed changes in average annual air temperature and amount of precipitation as well as gross moisture conditions of active vegetation period (the coefficient of moisture).

Results. The analysis leads to the conclusion that unidirectional trends in temperature and precipitation (for example, the increase of air temperature or amount of precipitation) are relatively rare; there are more often observed 2-3-years multi-directional fluctuations of climatic parameters.

Main conclusions. In general, despite a maximum warming of the last decade (2001-2010), the threshold values of climatic parameters (for example, amount of precipitation and coefficient of moisture) remain within those values that were noted for the reviewed 130 years. As a result this climatic variability is considered as a characteristic feature of semi-desert landscapes of Primorskaya lowland of Dagestan.

Key words: semi-desert landscape, Primorskaya lowland, modern climatic changes, temperature, precipitation, coefficient of moisture, variability of climatic conditions.

Acknowledgements: The work was funded by the Thematic plan of the Ministry of education and science of the Russian Federation (Number of themes 2374)

REFERENCE

- Atayev Z.V., Bratkov V.V. 2010. Current climatic changes of semi-arid landscapes of the Northern Caucasus. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*. 3: 15-20 (in Russian).
- Atayev Z.V., Bratkov V.V. 2011. The impact of fluctuations and climate dynamics on semi-arid landscapes of the North-Western Caspian region. *Geograficheskiy vestnik*. 3: 4-13 (in Russian).
- Atayev Z.V., Bratkov V.V. 2012. Changes of hydrothermal conditions of semi-arid landscapes of the North-Western Caspian region. *Aktualnyye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2: 305-310 (in Russian).
- Atayev Z.V., Bratkov V.V., Balguez T.R., Zaurbekov Sh.Sh. 2010. Evaluation of geocological effects of modern climatic changes of semi-arid landscapes of the Northern Caucasus. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennyye i tochnyye nauki*. 2: 89-94 (in Russian).
- Atayev Z.V., Bratkov V.V., Gadzhibekov M.I. 2011. Polupustyinnyye landshafty Severo-Zapadnogo Priskaspiya: izmenchivost klimata i dinamika. [Semi-desert landscapes of the North-Western Caspian region: climate variability and dynamics]. Makhachkala: DSPU. 124 p.



- Bratkov V.V., Atayev Z.V. 2013. Modern climatic conditions of the semi-arid landshafths of Primorskaya lowland of Dagestan. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennyie i tochnyye nauki*. 4: 87-100 (in Russian).
- Bratkov V.V., Atayev Z.V., Baysieva L.K. 2013. Temporal heterogeneity of climatic conditions of foothill landscapes of North-Eastern Caucasus. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*. 1(26): 6-11 (in Russian).
- Bratkov V.V., Ovdienko N.I. 2006. *Geoekologiya: uchebnoe posobie dlya studentov vysshih uchebnyh zavedeniy, obuchayuschihsya po ekologicheskim spetsialnostyam*. [Geoecology: a manual for students of higher educational institutions, students in environmental Economics]. M.: Higher school. 274 p.
- Gasnov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Abdulaeva A.S., Salikhov Sh.K., Bashirov R.R. 2013. The dynamics of the climatic conditions of the Terek-Kuma lowland of Caspian region over the last 120 years. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*. 4: 96-104 (in Russian).
- Ivanov N. N. 1948. Landscape-climatic zones of the globe. Notes of RGS, a new series. V. 1. M-L. 117 p. (in Russian).
- Mezentsev V.S. 1973. *Vodnyiy balans*. [Water balance]. Novosibirsk: Nauka. 229 p.
- Chijevskiy A.L. 1976. *Zemnoe eho solnechnykh bur*. [The terrestrial echo of solar storms]. 2-nd ed. M.: «Mysl». 367 p.

Резюме. В статье анализируются климатические условия полупустынных ландшафтов Приморской низменности Дагестана за 1882-2012 гг. Методами математической статистики проанализированы изменения средних годовых температур воздуха и количества осадков, а также валовых условий увлажнения периода активной вегетации (коэффициент увлажнения). Проанализированы также изменения этих параметров по десятилетиям, в общих чертах выявлен вклад отдельных сезонов и месяцев в изменение годовых температур и осадков. Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что однонаправленные тренды изменения температур и осадков (например, рост температуры воздуха или количества осадков), отмечаются относительно редко; гораздо чаще наблюдаются 2-3-летние разнонаправленные колебания климатических параметров. В целом, несмотря на максимальное потепление последнего десятилетия (2001-2010 гг.), пороговые значения климатических параметров (например, количество осадков и коэффициент увлажнения) остаются в пределах тех значений, которые отмечались за рассматриваемые 130 лет. В результате данную климатическую изменчивость предлагается рассматривать как характерную особенность полупустынных ландшафтов Приморской низменности Дагестана.

Ключевые слова: полупустынный ландшафт, Приморская низменность, современные климатические изменения, температура, осадки, коэффициент увлажнения, изменчивость климатических условий.

Благодарности: Работа выполнена при финансировании по Тематическому плану Министерства образования и науки Российской Федерации (Номер темы 2374)

Анализ климатических изменений и их последствий опирается на традиционные в метеорологии и климатологии подходы, а именно: анализу должны подвергаться ряды, продолжительностью не менее 30 лет. В таком ключе нами были проанализированы климатические изменения в пределах равнинных аридных и семиаридных ландшафтов, а также горно-котловинных, предгорно-холмистых и др. (Атаев и др., 2010; Атаев и др., 2011; Атаев, Братков 2010; Атаев, Братков, 2012; Братков и др., 2013). Как показали эти исследования, процесс изменения климатических параметров, наряду со стохастической, имеет также циклическую составляющую. Она связана с физической природой солнечного излучения и довольно подробно описана А.Л. Чижевским (12). Наряду с наиболее известным 11-летним циклом, признанными являются также циклы длительностью до 80 лет (Братков, Овдиенко, 2006). Единственным ограничением для точного выявления климатических циклов является длительность метеорологических наблюдений. В этой связи нами предпринята попытка оценки климатических изменений в пределах полупустынных ландшафтов Приморской низменности Дагестана, формирующихся в условиях аридного климата. Эти ландшафты характеризуются комплексностью растительного и почвенного покрова, в них сочетаются фрагменты степных и пустынных ландшафтов. В степных ассоциациях полупустыни преобладают дерновинные злаки, в пустынях – полыни, солянки и другие виды бескрасочного разнотравья (Атаев, Братков, 2011), а почвенным индикатором выступают каштановые почвы (Гасанов и др., 2013). Некоторые ученые полагают, что полупустыни образуют особые зоны в умеренных, субтропических и тропических поясах, другие не выделяют полупустыни как зоны и даже подзоны, относя менее арид-



ные полупустыни (так называемые опустыненные степи) к степным зонам, а более аридные (так называемые остепненные пустыни) – к пустынным.

Для анализа климатических условий полупустынных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа (на примере Приморской низменности) была выбрана метеорологическая станция «Махачкала», расположенная на высоте -27 м. Для данной метеостанции существует максимально продолжительный ряд наблюдений в регионе – 1882-2012 гг. (meteo.ru). Первичные данные включают сведения о минимальной, максимальной и средней суточной температуре воздуха за весь указанный временной промежуток. Наряду с данными суточного разрешения имеются также сведения о средней месячной температуре воздуха за указанные годы, и среднем месячном количестве осадков за 1966-2012 гг. В целом для всего временного промежутка имеется только один крупный пропуск в таблицах исходных данных – отсутствуют наблюдения за количеством осадков в 1908-1910 гг. В разделе суточных данных нет сведений о температурах и осадках в 2005 г., однако они имеются в разделе средних месячных данных. Следующий крупный пропуск в данных суточного разрешения относится к январю-июню 1897 г. Данные за этот промежуток были восстановлены при помощи раздела, характеризующего месячные температуры воздуха. Что касается величины месячных осадков, то они были восстановлены методом скользящего среднего за предшествующее десятилетие. Наконец, для отдельных лет отсутствовали данные суточного разрешения за отдельные месяцы, которые восстанавливались либо по таблицам средних месячных температур воздуха, либо методом скользящего среднего.

В результате предварительной обработки был получен непрерывный ряд данных, характеризующий ход месячных и годовых температур воздуха за 1882-2012 гг. Что касается количества месячных и годовых осадков, то данные за 1908-1910 гг. мы восстанавливать не стали, во-первых, потому что в непосредственной близости отсутствуют метеостанции, где наблюдения проводились в эти годы; и во-вторых, осреднение методом скользящего среднего значения за столь длительный промежуток времени может дать значительные погрешности.

В итоге были получены таблицы, характеризующие месячные температуры воздуха и осадков за 1882-2012 гг. На основе этих данных были рассчитаны такие показатели, как суммы активных и летних температур (более 10° и 15° соответственно), количество осадков за период с активными температурами, а также осадки за холодный период (период с температурами ниже 0°). Эти данные послужили основой для вычисления условий увлажнения периода активной вегетации – коэффициента увлажнения Н.Н. Иванова (1948). Испаряемость определялась по формуле В.С. Мезенцева (1973). Массив исходных и расчетных показателей подвергся стандартной статистической обработке: были вычислены средние месячные и годовые значения указанных метеорологических и климатических параметров, их экстремальные значения, а также стандартное отклонение.

Изменения величины месячной и годовой температуры воздуха в пределах полупустынных ландшафтов за 1882-2012 гг. иллюстрируют таблица 1 и рис. 1-2. Как видно из представленных данных, средняя годовая температура за этот период составила 12,1° при величине отклонения 0,7°. Наиболее холодными были 1910 и 1993 гг., когда температура опускалась до 10,5° и 10,0°; а наиболее теплым – 1966 и 2010 гг. (14,0° и 13,9° соответственно). Наиболее часто за это время отмечались температуры в интервале 12,0-12,5°, то есть наиболее близкие к среднему значению. Отмечается асимметрия в распределении температуры воздуха по группам значений: наиболее часто после средних отмечаются более высокие температуры воздуха (12,5-13,0°), однако еще более высокие температуры (13,0-13,5°) отмечаются гораздо реже. В целом на интервал температур 11,5-13,0° приходится 72%. Что касается внутrigодового хода температуры воздуха, то минимум отмечается в январе, а максимум – в июле, то есть Каспийское море в силу циркуляционных факторов (зимой преобладают ветры восточных направлений, а летом – западных) не оказывает влияния на климат этой части побережья. Температуры испытывают существенные колебания: максимальная амплитуда характерна для зимних месяцев (особенно



для февраля), а минимальная – для летних. Период активной вегетации длится с начала апреля по начало ноября, когда температуры переходят через 10°.

Таблица 1

Термический режим полупустынных ландшафтов за 1882-2012 гг.

Table 1

Thermal regime of a semi-arid landscapes for 1882-2012

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Год |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| Минимум | -9,2 | -9,5 | -1,4 | 6,5 | 13,7 | 18,6 | 22,1 | 21,5 | 16,5 | 9,2 | -2,2 | -5,4 | 10,0 |
| Максимум | 4,7 | 5,2 | 8,2 | 12,7 | 19,1 | 24,3 | 27,1 | 26,8 | 23,1 | 18,5 | 10,9 | 7,2 | 14,0 |
| Среднее | 0,0 | 0,5 | 3,8 | 9,7 | 16,5 | 21,8 | 24,8 | 24,3 | 19,7 | 13,6 | 7,3 | 2,7 | 12,1 |
| Ст.отклон. | 2,7 | 2,6 | 1,7 | 1,4 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,4 | 0,7 |

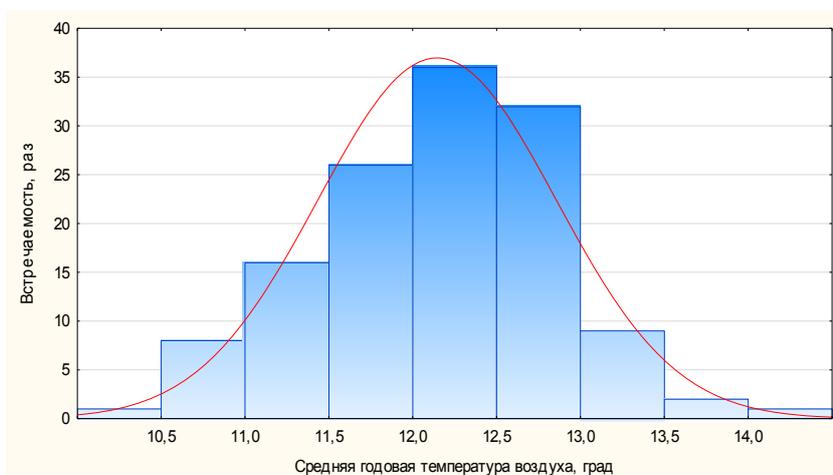


Рис. 1. Распределение величины средней годовой температуры воздуха по группам значений

Fig. 1. The distribution of mean annual air temperature by groups of values

Межгодовой ход температуры воздуха иллюстрирует рис. 2. Как видно из расположения точек по полю графика, чаще всего однонаправленные изменения температуры воздуха (повышения или понижения) отмечаются на протяжении 2-3 (например, 1885-1888 гг.), реже 3-4 лет (1976-1979 гг.). Опять же через указанные промежутки времени тенденция изменяется на противоположную (то есть короткий период увеличения температуры компенсируется столь же коротким периодом ее снижения). Наряду с этой тенденцией, имеются временные отрезки, на протяжении которых отмечается резкая смена температуры от отметки ниже, чем средняя, к отметке выше, чем средняя. Например, в 1965 г. средняя годовая температура составляла 11,7° (ниже средней), в 1966 – 14,0° (выше средней), а в 1967 г. температура была близка к средней многолетней (12,0°). Линейный тренд иллюстрирует рост температуры воздуха от начала анализируемого ряда к его концу, а полиномиальный указывает на некоторую цикличность процесса изменения температуры воздуха. Примерно до начала XX века заметно скачкообразное снижение средней годовой температуры воздуха; затем она стабилизировалась на определенной отметке с уменьшением амплитуды колебания, а начиная с 1910 г. начинаются хорошо выраженные 3-5-летние резкие по амплитуде смены более теплых и более холодных условий. Следующий пик амплитуды колебания температуры воздуха приходится на вторую половину 1960-х годов, а последний – на начало 1990-х годов.

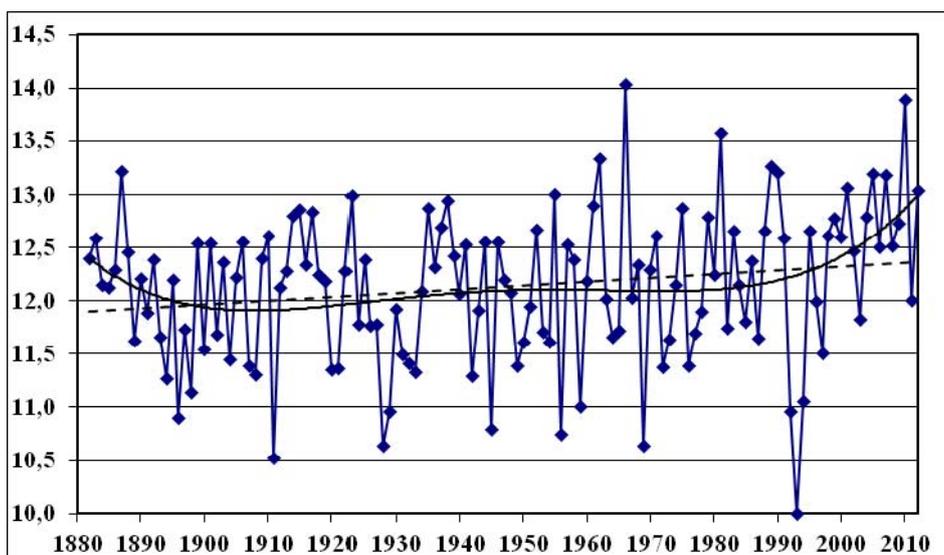


Рис. 2. Изменения годовой температуры воздуха в пределах полупустынных ландшафтов за 1882-2012 гг. (здесь и далее: пунктирная линия – линейный тренд, сплошная – полиномиальный)

Fig. 2. Changes in annual air temperature within the semi-arid landscapes for 1882-2012, (hereinafter: the dashed line is a linear trend, solid - polynomial)

Для уменьшения влияния высокочастотной составляющей данные, характеризующие термические условия, были осреднены по десятилетиям (табл. 2). Такое осреднение также позволяет сравнить современные термические условия с теми, что были раньше и, таким образом, получить ответ на вопрос об «уникальности» потепления последних лет. В целом, если сравнить первое и последнее десятилетия, то, даже с учетом погрешности (9 лет вместо 10, а также перенос метеостанции), можно отметить сопоставимость температур, которые отмечались в 1882-1890 и 2001-2010 гг.: температуры были выше средней. Также выше средней была температура в 1961-1970 и 1981-1990 гг. Наиболее холодными были 1891-1900, 1921-1930 и 1991-2000 гг. (ниже средней многолетней на 0,3-0,4°). Чередование относительно теплых и холодных десятилетий позволяет сделать предположение о том, что современный период потепления должен будет смениться периодом снижения температуры воздуха. Возможных сценариев здесь два: либо постепенное, от года к году снижение температуры воздуха (условно – сценарий конца XIX века), либо скачкообразное снижение, как в начале 1990-х годов.

Таблица 2

Месячные и годовые температуры воздуха полупустынных ландшафтов по десятилетиям

Table 2

Monthly and annual air temperature of semi-arid landscapes in decades

| Десятилетия | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Год |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1882-1890* | -1,5 | 0,9 | 4,2 | 9,6 | 17,3 | 22,2 | 25,2 | 24,6 | 20,0 | 14,2 | 7,6 | 3,2 | 12,3 |
| | -1,5 | 0,4 | 0,4 | -0,2 | 0,8 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,2 |
| 1891-1900 | -1,3 | 0,4 | 3,3 | 8,6 | 16,1 | 21,6 | 24,8 | 24,4 | 19,6 | 14,4 | 6,0 | 2,1 | 11,7 |
| | -1,2 | 0,0 | -0,5 | -1,1 | -0,4 | -0,2 | 0,0 | 0,1 | -0,1 | 0,7 | -1,3 | -0,6 | -0,4 |
| 1901-1910 | -1,5 | 1,4 | 4,0 | 9,3 | 16,9 | 22,4 | 25,2 | 24,2 | 19,1 | 13,5 | 7,0 | 2,4 | 12,1 |
| | -1,4 | 0,9 | 0,2 | -0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,4 | -0,1 | -0,6 | -0,1 | -0,3 | -0,3 | -0,1 |
| 1911-1920 | 1,2 | 0,3 | 4,2 | 9,7 | 15,9 | 21,4 | 24,7 | 24,2 | 19,6 | 13,2 | 7,0 | 2,7 | 12,2 |
| | 1,2 | -0,2 | 0,3 | 0,0 | -0,6 | -0,5 | -0,1 | -0,1 | 0,0 | -0,4 | -0,3 | 0,1 | 0,0 |
| 1921-1930 | 0,5 | -1,7 | 3,0 | 8,9 | 16,9 | 21,8 | 24,6 | 24,0 | 19,1 | 13,5 | 7,9 | 2,3 | 11,8 |



| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,5 | -2,2 | -0,8 | -0,8 | 0,4 | 0,0 | -0,2 | -0,3 | -0,6 | -0,2 | 0,5 | -0,4 | -0,3 |
| 1931-1940 | -0,2 | 0,4 | 3,2 | 9,7 | 16,2 | 21,6 | 25,3 | 24,7 | 20,4 | 14,1 | 7,8 | 2,3 | 12,2 |
| | -0,2 | -0,1 | -0,7 | 0,0 | -0,3 | -0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | -0,4 | 0,0 |
| 1941-1950 | -1,2 | 0,2 | 3,3 | 9,6 | 16,7 | 22,1 | 24,7 | 23,8 | 19,4 | 12,5 | 6,9 | 2,7 | 11,9 |
| | -1,2 | -0,3 | -0,5 | -0,1 | 0,2 | 0,3 | -0,1 | -0,5 | -0,3 | -1,1 | -0,5 | 0,0 | -0,2 |
| 1951-1960 | 0,9 | 0,3 | 2,8 | 9,6 | 16,4 | 21,9 | 24,7 | 24,7 | 19,4 | 13,6 | 6,7 | 2,1 | 12,0 |
| | 0,9 | -0,2 | -1,1 | -0,2 | -0,1 | 0,1 | -0,1 | 0,4 | -0,3 | -0,1 | -0,6 | -0,6 | -0,2 |
| 1961-1970 | 0,5 | 1,0 | 4,2 | 10,1 | 16,8 | 21,7 | 24,5 | 23,8 | 19,2 | 13,2 | 8,3 | 3,6 | 12,3 |
| | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | -0,2 | -0,3 | -0,5 | -0,5 | -0,4 | 1,0 | 0,9 | 0,2 |
| 1971-1980 | -1,4 | 0,2 | 4,0 | 10,1 | 16,7 | 21,7 | 24,6 | 24,0 | 19,9 | 13,0 | 8,0 | 3,2 | 12,1 |
| | -1,4 | -0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | 0,2 | -0,6 | 0,7 | 0,6 | -0,1 |
| 1981-1990 | 1,9 | 1,1 | 4,0 | 10,7 | 16,3 | 22,1 | 25,1 | 24,0 | 20,1 | 13,4 | 7,7 | 3,1 | 12,5 |
| | 1,9 | 0,7 | 0,1 | 1,0 | -0,2 | 0,3 | 0,3 | -0,3 | 0,4 | -0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| 1991-2000 | 0,9 | 0,5 | 4,3 | 10,3 | 15,5 | 21,3 | 24,1 | 24,2 | 19,0 | 13,5 | 6,3 | 1,9 | 11,9 |
| | 0,9 | 0,0 | 0,4 | 0,6 | -1,0 | -0,5 | -0,7 | -0,1 | -0,7 | -0,1 | -1,1 | -0,8 | -0,3 |
| 2001-2010 | 0,8 | 1,8 | 5,5 | 10,0 | 16,4 | 21,5 | 24,7 | 25,2 | 21,0 | 14,8 | 8,6 | 3,1 | 12,8 |
| | 0,8 | 1,4 | 1,6 | 0,2 | -0,1 | -0,3 | -0,2 | 0,9 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 0,4 | 0,7 |

Примечания: здесь и далее в числителе приводится средняя температура десятилетия, в знаменателе – отклонение от средней за весь период наблюдения; * – неполное десятилетие

Еще одной интересной иллюстрацией процесса изменения температуры, который позволяет выявить анализ данных таблицы 2, является вклад разных месяцев, а в итоге – сезонов года в процесс изменения годовой температуры воздуха. Например, в первое рассматриваемое десятилетие в январе средняя температура воздуха была отрицательной, а максимальный вклад в увеличение температуры воздуха в тот период внесло теплое время года (с конца апреля по ноябрь). В последнее рассматриваемое десятилетие максимальный вклад в потепление вносил не теплый, а холодный период, когда температура воздуха была выше средней на 0,8-1,6°, тогда как в теплое время года она, в отличие от 1882-1890 гг., наоборот была ниже средней многолетней. Еще одной особенностью последних трех десятилетий, начиная с 1981 г., является то, что средняя температура января стала положительной, то есть отрицательные температуры отмечаются эпизодически и связаны преимущественно с циркуляционными процессами. Особенностью теплого периода 1961-1970 гг. является то, что с точки зрения тенденций изменения температуры воздуха ход делился на две части: с июля по октябрь (разгар – конец вегетации) температуры были ниже средних многолетних, тогда как во все остальные месяцы – выше, причем максимальное повышение температуры приходилось на период с температурами ниже +10°, и, как в 2001-2010 гг., отрицательные температуры в холодное время года были эпизодическими.

Что касается десятилетий, когда температура воздуха была ниже средней многолетней, то наиболее холодным был 1891-1900 гг., когда температура опускалась на 0,4° от нормы. На протяжении восьми месяцев температуры были ниже, зачастую значительно, средних значений, а единственным месяцем, когда отмечалось заметное потепление, был октябрь. Сопоставимое по величине похолодания последнее десятилетие XX века имеет одно важно отличие: температуры снизились во все месяцы, начиная с мая; при этом в холодное время года наоборот отмечалось потепление, и, несмотря на общее похолодание, зима, как и в описанных случаях потепления, отмечалась эпизодически.

В целом, как и в случае погодичного анализа температуры воздуха, выявляются опеределенные сценарии, по которым происходит изменение температуры воздуха.

Изменения величины месячных и годовых осадков в пределах полупустынных ландшафтов за 1882-2012 гг. иллюстрируют таблица 3 и рис. 3-4. Как видно из приведенных данных, среднее годовое количество осадков за 1882-2012 гг. составило 394 мм при



отклонении 89 мм. Минимум отмечался в 1986 г. и составил 212 мм, а максимум 1911 г. достигал 650 мм. Распределение среднего месячного количества осадков внутри года носит сравнительно равномерный характер: минимум отмечается в апреле (23 мм), а максимум – в сентябре (49 мм). В целом меньше осадков выпадает с февраля по август (23-31 мм), а с сентября по декабрь выпадает чуть больше (38-49 мм). То есть распределение осадков внутри года довольно слабо связано с сезонным ходом температуры воздуха. Практически для всех месяцев характерны значительные колебания величины выпадающих осадков.

Таблица 3

Изменение количества осадков в полупустынных ландшафтах за 1882-2012 гг.

Table 3

The changes of precipitation in semi-arid landscapes for 1882-2012

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Год |
|-------------------|-----|-----|----|----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| Минимум | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 212 |
| Максимум | 115 | 117 | 75 | 91 | 82 | 152 | 81 | 128 | 201 | 245 | 178 | 163 | 662 |
| Среднее | 31 | 28 | 25 | 23 | 28 | 30 | 26 | 29 | 49 | 43 | 45 | 38 | 394 |
| Ст.отклон. | 22 | 21 | 17 | 17 | 18 | 24 | 18 | 24 | 39 | 36 | 35 | 29 | 89 |

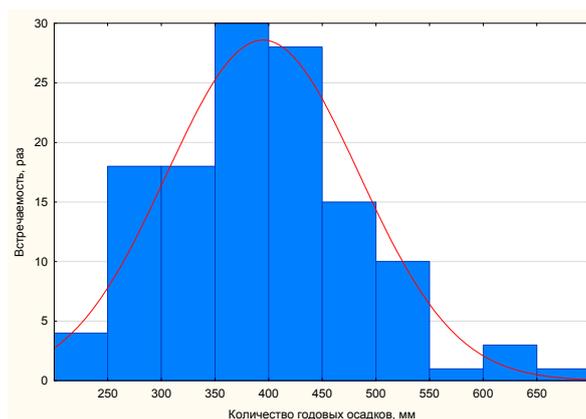


Рис. 3. Распределение величины годовых осадков по группам значений
Fig. 3. The distribution of the total annual precipitation on groups of values

Как и в случае температур, отмечается асимметрия в характере распределения осадков. Чаще всего их годовое количество приходится на интервал 350-450 мм. Одинаковую встречаемость имеют также группы 250-300 и 300-350 мм. В 15 и 10 случаях соответственно количество осадков составляет 450-500 и 500-550 мм. И, наконец, крайне редко (реже 5 случаев), количество осадков приближается к экстремально низким (менее 250 мм) и экстремально высоким (более 550 мм) величинам.

Изменения величины осадков от года к году иллюстрирует рис. 4. Как и в случае температуры воздуха, чаще всего однонаправленные изменения количества осадков выражены 2-3-летними изменениями, а иногда они могут продолжаться до 6 лет (понижение с 1915 по 1920 гг.). Также отмечаются периоды, когда количество осадков на протяжении короткого промежутка времени (до 3 лет) изменяется от почти максимально до минимального (например, 1911-1913, 1990-1991 гг.). Линейный тренд иллюстрирует сокращение количества осадков от начала к концу ряда, а полиномиальный – хорошо выраженную цикличность этого процесса. Примерно с начала 1890-х годов начинается постепенный рост количества осадков, причем амплитуда их изменения в это время сравнительно невелика. К 1910 годам резко возрастает амплитуда колебаний величины осадков, а затем поступательное их падение. К 1930-м годам количество осадков увеличивается, а амплитуда колебаний сокращается. Далее начинается процесс сокращения количества осадков,



пик которого приходится на конец 1960-х – начало 1970-х годов, когда чаще выпадало осадков существенно ниже нормы (менее 300 мм). К 1990 м годам вновь отмечается усиление контрастности осадков, и в целом их количество чаще бывает выше нормы. Поэтому в целом можно предположить, что в ближайшее время количество осадков будет иметь тенденцию к увеличению.

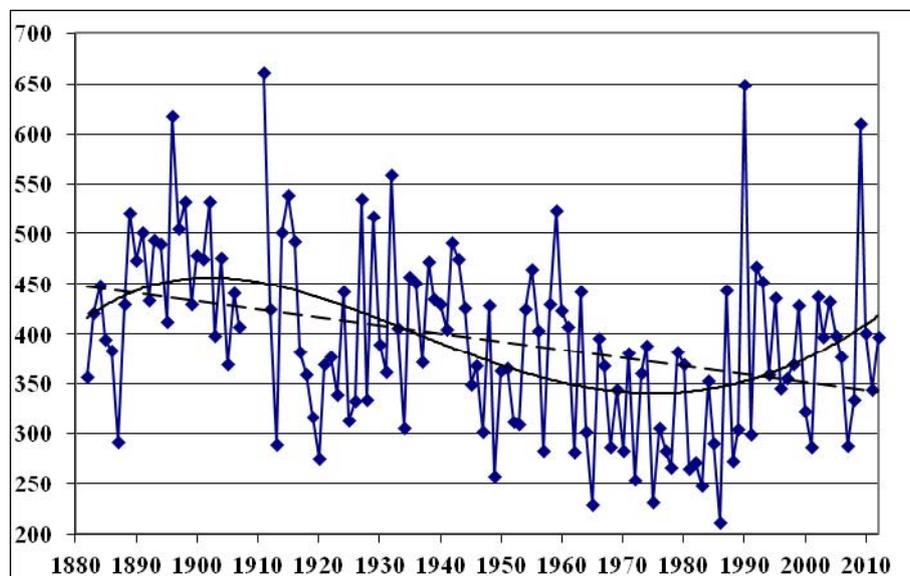


Рис. 4. Изменения годового количества осадков в пределах полупустынных ландшафтов за 1882-2012 гг.

Fig. 4. Changes in annual precipitation within the semi-arid landscapes for 1882-2012

Подтверждение некоторых указанных тенденций можно найти при анализе величин осадков по десятилетиям (табл. 4). Например, заметна очень слабая тенденция увеличения количества годовых осадков в последний временной отрезок. Однако в целом с начала ряда и до 1940-х годов в течение десятилетия выпадало больше осадков, чем в последующие декады. Максимально сухим за это время выдалась 1960-1990 гг., когда средний дефицит атмосферных осадков достигал 60-70 мм (15-18%). Близкое к среднему количество осадков выпадало в середине XX и начале XXI вв.

Таблица 4

Месячные и годовые величины осадков полупустынных ландшафтов по десятилетиям

Table 4

Monthly and annual values of rainfalls of semi-arid landscapes in decades

| Десятилетия | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Год |
|-------------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|-----|
| 1882-1890 | 47 | 24 | 23 | 20 | 29 | 43 | 17 | 34 | 44 | 44 | 46 | 44 | 414 |
| | 15 | -4 | -1 | -3 | 0 | 13 | -9 | 5 | -5 | 1 | 1 | 6 | 20 |
| 1891-1900 | 47 | 43 | 30 | 28 | 30 | 57 | 30 | 37 | 56 | 40 | 46 | 46 | 489 |
| | 15 | 15 | 6 | 5 | 2 | 26 | 4 | 8 | 7 | -2 | 1 | 8 | 96 |
| 1901-1910 | 34 | 26 | 31 | 43 | 40 | 21 | 29 | 48 | 41 | 33 | 63 | 34 | 443 |
| | 3 | -2 | 6 | 21 | 11 | -9 | 4 | 20 | -8 | -10 | 18 | -5 | 49 |
| 1911-1920 | 29 | 20 | 25 | 30 | 22 | 31 | 31 | 29 | 60 | 51 | 44 | 53 | 425 |
| | -2 | -8 | 0 | 7 | -6 | 1 | 5 | 0 | 11 | 8 | -1 | 15 | 31 |
| 1921-1930 | 24 | 28 | 19 | 25 | 18 | 29 | 29 | 34 | 62 | 37 | 49 | 43 | 395 |
| | -7 | 0 | -6 | 2 | -10 | -2 | 3 | 5 | 13 | -6 | 5 | 4 | 1 |
| 1931-1940 | 31 | 21 | 25 | 22 | 31 | 43 | 29 | 21 | 44 | 63 | 55 | 42 | 425 |
| | -1 | -7 | 0 | -1 | 3 | 12 | 3 | -8 | -5 | 20 | 10 | 4 | 31 |
| 1941-1950 | 29 | 26 | 23 | 20 | 28 | 23 | 28 | 22 | 52 | 53 | 50 | 33 | 387 |
| | -3 | -1 | -1 | -3 | 0 | -7 | 2 | -7 | 4 | 10 | 5 | -5 | -7 |



| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1951-1960 | 27 | 26 | 36 | 20 | 27 | 17 | 26 | 26 | 43 | 36 | 65 | 44 | 394 |
| | -5 | -2 | 12 | -2 | -1 | -13 | 0 | -3 | -5 | -7 | 20 | 6 | 0 |
| 1961-1970 | 25 | 27 | 25 | 21 | 22 | 26 | 28 | 29 | 50 | 34 | 20 | 27 | 334 |
| | -6 | 0 | 0 | -2 | -6 | -4 | 2 | 0 | 1 | -9 | -25 | -11 | -60 |
| 1971-1980 | 22 | 30 | 19 | 20 | 20 | 31 | 28 | 20 | 34 | 40 | 31 | 28 | 323 |
| | -9 | 2 | -6 | -2 | -8 | 1 | 2 | -9 | -15 | -3 | -14 | -10 | -71 |
| 1981-1990 | 23 | 28 | 24 | 15 | 32 | 18 | 22 | 19 | 31 | 55 | 36 | 29 | 331 |
| | -9 | 1 | -1 | -8 | 4 | -13 | -4 | -10 | -17 | 12 | -9 | -10 | -62 |
| 1991-2000 | 30 | 23 | 24 | 14 | 28 | 27 | 23 | 30 | 74 | 25 | 50 | 34 | 384 |
| | -1 | -4 | -1 | -8 | 0 | -4 | -2 | 1 | 26 | -18 | 5 | -4 | -10 |
| 2001-2010 | 44 | 28 | 21 | 22 | 38 | 23 | 18 | 34 | 47 | 49 | 38 | 34 | 397 |
| | 13 | 0 | -4 | 0 | 10 | -7 | -7 | 5 | -2 | 6 | -7 | -4 | 3 |

Не менее интересным является вклад разным месяцев в годовое количество осадков. Например, в период, когда количество осадков было максимальным (1891-1900 гг.), большее количество осадков выпадало в холодное время года с максимумом в июне. То есть условия вегетации были оптимальными для продуцирования максимальных запасов фитомассы. В периоды с минимальным количеством декадных осадков их недостаток отмечался чаще всего на протяжении большей части года, но в разной степени. Так, в 1961-1970 гг. меньше всего осадков выпадало с октября по декабрь, то есть в период наиболее активной вегетации острого дефицита атмосферных осадков не отмечалось. В 1971-1980 гг. опять наиболее неблагоприятный период опять же сдвигался на вторую половину года (с августа по декабрь), а также отмечался в первую половину весны, что гораздо не благоприятнее для растительности биоты, особенно степной. Наконец, в 1981-1990 гг. наибольший дефицит осадков отмечался в типичные летние месяцы (с июня по сентябрь). Вполне возможно, что процессы опустынивания, которые отмечались на начале 2000-х годов, имели основной причиной сокращение именно летних осадков в предшествующее десятилетие.

Интегральным показателем гидротермических условий традиционно признается коэффициент увлажнения, который представляет собой отношение осадков к испаряемости (Иванов, 1948). Многолетнее значение этого коэффициента позволяет судить о географическом облике территории, а его погодичные величины дают представление о характере увлажнения вегетационного периода конкретного года, что применительно к рассматриваемому ландшафту позволяет оценить условия увлажнения для разных ценологических элементов полупустынных ландшафтов.

Изменения величины коэффициента увлажнения (K_u) полупустынных ландшафтов за 1882-2012 гг. иллюстрируют рис. 5-6. Чаще все встречается группа значений $K_u=0,3-0,4$, то есть соответствующая в большей степени сухим степям. Более оптимальные условия увлажнения ($K_u=0,4-0,5$) являются второй по частоте группой значений. Гораздо реже отмечались условия увлажнения близкие к лесостепным, а собственно лесостепными они были лишь на протяжении 2 лет (в 1897 и 1911 гг.). Типичные полупустынные условия ($K_u=0,2-0,3$) отмечались на протяжении 31 года, и лишь один раз – в 1986 г. условия увлажнения вегетационного периода соответствовали пустынным ($K_u<0,2$). Погодичный график хода коэффициента увлажнения в общих чертах сходен с графиком хода осадков. Отличием является то, что отмеченные 2-3-летние однонаправленные изменения в случае K_u выражены гораздо хуже, хотя, например, в 1942-1947 гг. отмечалось хорошо выраженное постепенное ухудшение условий увлажнения вегетационного периода. Из распределения точек графика по полю довольно хорошо заметно, что в начале рассматриваемого периода чаще отмечались условия увлажнения, в большей степени характерные для степей. Общее ухудшение условий увлажнения началось примерно с 1930-х годов и продолжалось до начала 1990-х годов, когда чаще отмечались значения $K_u < 0,3$. В последнее двадцатилетие отмечаются довольно контрастные условия увлажнения, при этом 2-3-летние периоды уменьшения K_u сменяются примерно такими же по длительности периодами его увеличения.

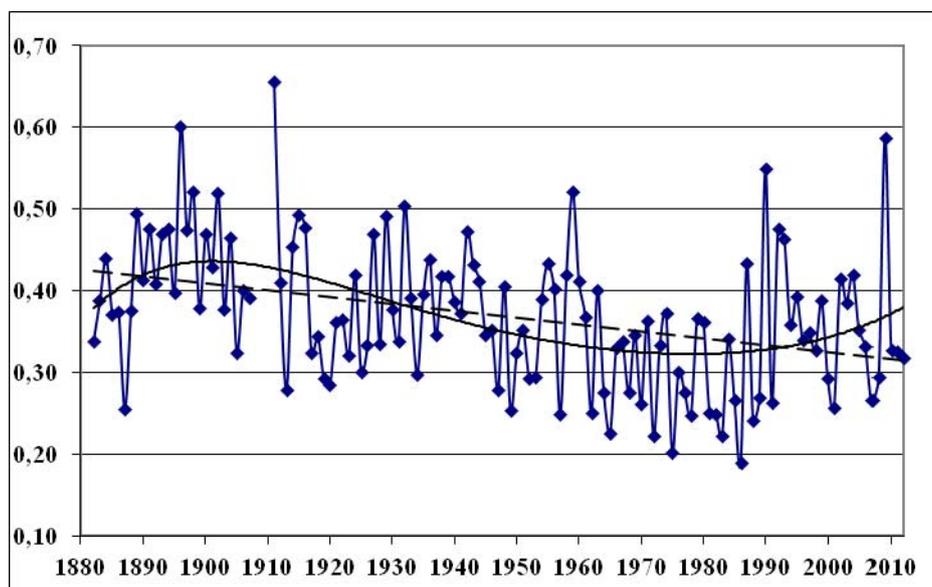


Рис. 5. Изменения величины коэффициента увлажнения в пределах полупустынных ландшафтов за 1882-2012 гг.

Fig. 5. Changing the value of the coefficient of moisture within the semi-arid landscapes for 1882-2012

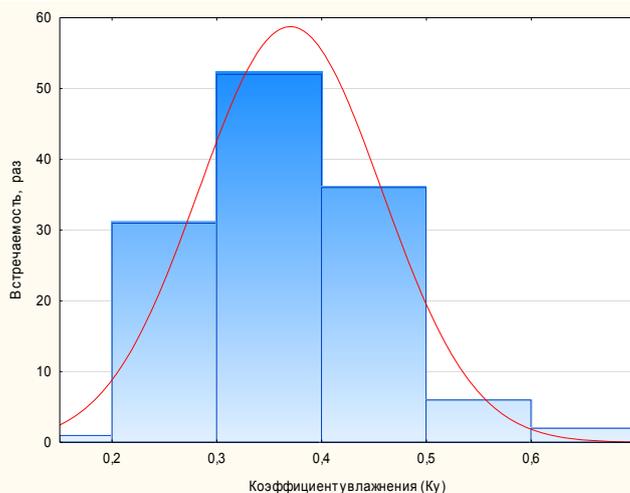


Рис. 6. Распределение величины Ку по группам значений

Fig. 6. The distribution of the value of Cm for groups of values

Изменения величины K_u , а также других интегральных показателей климатических условий по десятилетиям, иллюстрирует таблица 5. Что касается коэффициента увлажнения, то с начала анализируемого периода и до конца 1950-х годов он был или немного выше средней величины, или соответствовал ей. На протяжении 1961-1990-х годов увлажнение вегетационного периода было наиболее низким за весь рассматриваемый период. Именно в это время отмечался наименее низкий уровень Каспийского моря. В последние два десятилетия отмечается улучшение валовых условий увлажнения.



Таблица 5

Изменение интегральных показателей климатических условий по десятилетиям

Table 5

Changings of the integral indicators of climatic conditions in decades

| Десятилетия | $\sum T > 10$ | $\sum T > 15$ | $\sum R > 10$ | $\sum R < 0$ | K_y |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------|
| 1882-1890 | 3877 | 3435 | 214 | 56* | 0,38 |
| 1891-1900 | 3720 | 3479 | 251 | 68 | 0,47 |
| 1901-1910 | 3864 | 3387 | 218* | 42* | 0,42 |
| 1911-1920 | 3766 | 3200 | 230 | 17 | 0,40 |
| 1921-1930 | 3687 | 3336 | 210 | 28 | 0,38 |
| 1931-1940 | 3864 | 3353 | 236 | 37 | 0,39 |
| 1941-1950 | 3767 | 3203 | 214 | 37 | 0,37 |
| 1951-1960 | 3727 | 3329 | 160 | 48 | 0,38 |
| 1961-1970 | 3897 | 3180 | 206 | 21 | 0,31 |
| 1971-1980 | 3796 | 3311 | 177 | 26 | 0,30 |
| 1981-1990 | 3964 | 3279 | 194 | 16 | 0,30 |
| 1991-2000 | 3764 | 3093 | 213 | 48 | 0,36 |
| 2001-2010 | 3963 | 3554 | 218 | 26 | 0,36 |
| Среднее | 3826 | 3323 | 210 | 36 | 0,37 |
| Степень отклонения | 261 | 285 | 69 | 40 | 0,09 |

Примечание: $\sum T > 10$ – сумма температура за период со средней суточной температурой выше $+10^\circ$ (сумма температур периода активной вегетации); $\sum T > 15$ – сумма температур за период со средней суточной температурой выше $+15^\circ$ (сумма летних температур); $\sum R > 10$ – сумма осадков за период активной вегетации; $\sum R < 0$ – сумма осадков за период с температурами ниже 0° (сумма зимних осадков); * – неполные ряды.

Что касается хода других интегральных показателей климата, то они в той или иной мере связаны с изначальными параметрами (месячными или годовыми), то есть в целом чаще всего совпадают с характером распределения годовой температуры воздуха и количеством осадков. Так, например, наиболее теплым в XX веке были 1961-1970 гг., что также заметно и при анализе суммы температур за период активной вегетации и суммы летних температур. Аналогичная картина выявляется и при рассмотрении количества осадков вегетационного периода: по наибольшему среднему количеству осадков за десятилетие выделяются 1931-1940 гг., для которых характерно также максимальное количество осадков периода активной вегетации. Более информативным показателем является количество зимних осадков. Например, в периоды, когда коэффициент увлажнения был выше нормы, их меньшее количество зимой указывает на неблагоприятные условия перезимовки биоты. В целом, несмотря на то, что последнее десятилетие характеризуется повышением температуры на $0,7^\circ$, суммы температур иллюстрируют не столь значительный рост. Так, если в 2001-2010 гг. сумма температур за период вегетации составила 3963° , то в 1981-1990 гг. она была 3964° , но при этом тогда температура была выше средней многолетней на $0,4^\circ$, а в первое рассматриваемое десятилетие этот показатель составлял 3877° при превышении температуры на $0,2^\circ$. Аналогичная ситуация наблюдается и при анализе сезонных осадков: опять же, в последнее десятилетие их количество в период активной вегетации составило 218 мм, величина, сопоставимая с 1941-1950 гг.

Таким образом, современные климатические условия полупустынных ландшафтов Приморской низменности Дагестана характеризуются значительными колебаниями годовой температуры воздуха и количества выпадающих осадков, а также условий увлажнения вегетационного периода (Братков, Атаев, 2013). Циклическая составляющая изменений гораздо лучше выявляется для количества годовых осадков и коэффициента увлажнения.



нения, чем для температуры воздуха. Проанализированные основные параметры климата довольно редко изменяются однонаправленно, то есть в сторону увеличения или уменьшения значения, и для них в большей степени характерны высокочастотные (2 или 3 года) разнонаправленные колебания. Сопоставление данных последнего десятилетия, когда рост температуры воздуха оказался максимальным за весь периода наблюдения ($0,7^\circ$), с предыдущими временными отрезками показывает, что это произошло за счет того, что в это время чаще отмечались температуры, выше средних многолетних, тогда как превышение максимума температуры (1966 г.) не произошло. Еще одной интересной максимальной особенностью роста температур явилось то, что наибольший вклад в нее внес холодный период, тогда как термические условия первой половины лета наоборот ухудшились. Поэтому термические условия летнего периода довольно незначительно отличаются от таковых за предшествующие временные отрезки. Изменение термических условий сопровождается изменением количества осадков. Несмотря на довольно большой разброс экстремальных значений (от 212 до 662 мм/год), чаще всего количество осадков изменяется примерно в 30%-ном интервале климатической нормы. Сопряженность изменений термических условий и количества осадков отражается на увлажнении вегетационного периода. В последнем случае, даже несмотря на максимальный рост температуры воздуха в последнее десятилетие, валовые значения полностью соответствуют многолетним климатическим значениям. В результате можно констатировать, что выявленная изменчивость климатических условий не выходит за некоторые «граничные» (например, с точки зрения коэффициента увлажнения) показатели, поэтому ее следует считать нормальным условием существования полупустынных ландшафтов. С ландшафтной точки зрения для выявления возможных тенденций изменения структуры природных комплексов под воздействием климатических изменений необходим анализ не столько валовых (годовых) параметров климата, сколько их внутригодовых вариаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Атаев З.В., Братков В.В. 2010. Современные климатические изменения полупустынных ландшафтов Северного Кавказа. *Юг России: экология, развитие*. 3: 15-20.
- Атаев З.В., Братков В.В. 2011. Влияние колебаний и динамики климата на полупустынные ландшафты Северо-Западного Прикаспия. *Географический вестник*. 3: 4-13.
- Атаев З.В., Братков В.В. 2012. Изменения гидротермических условий полупустынных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2: 305-310.
- Атаев З.В., Братков В.В., Балгуев Т.Р., Заурбеков Ш.Ш. 2010. Оценка геоэкологических последствий современных изменений климата полупустынных ландшафтов Северного Кавказа. *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*. 2: 89-94.
- Атаев З.В., Братков В.В., Гаджибеков М.И. 2011. Полупустынные ландшафты Северо-Западного Прикаспия: изменчивость климата и динамика. Махачкала: ДГПУ. 124 с.
- Братков В.В., Атаев З.В. 2013. Современные климатические условия полупустынных ландшафтов Приморской низменности Дагестана. *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*. 4: 87-100.
- Братков В.В., Атаев З.В., Байсиева Л.К. 2013. Временная неоднородность климатических условий предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа. *Юг России: экология, развитие*. 1(26): 6-11.
- Братков В.В., Овдиенко Н.И. 2006. Геоэкология: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экологическим специальностям. М.: Высшая школа. 274 с.
- Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Абдулаева А.С., Салихов Ш.К., Баширов Р.Р. 2013. Динамика климатических условий Терско-Кумской низменности Прикаспия за последние 120 лет. *Юг России: экология, развитие*. 4: 96-104.
- Иванов Н.Н. 1948. Ландшафтно-климатические зоны земного шара. *Записки ВГО, новая серия*. Т. 1. М.-Л. 117 с.
- Мезенцев В.С. 1973. Водный баланс. Новосибирск: Наука. 229 с.
- Чижевский А.Л. 1976. Земное эхо солнечных бурь. Изд. 2-е. М.: «Мысль». 367 с.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- Атаев Загир Вагитович** – кандидат географических наук, профессор кафедры физической географии и геоэкологии, проректор по научной работе Дагестанского государственного педагогического университета; профессор кафедры рекреационной географии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета; ведущий научный сотрудник лаборатории биогеохимии Прикаспийского института биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН; тел.: 89289611097; E-mail: zagir05@mail.ru
- Братков Виталий Викторович** – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии Московского государственного университета геодезии и картографии; тел.: 89067864489; E-mail: vbratkov@mail.ru
- Гаджибеков Муратхан Исакович** – кандидат географических наук, доцент кафедры рекреационной географии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета; тел.: 89285396125; E-mail: muratxan01@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

- Ataev Zagir Vahitovich** - candidate of geographical Sciences, Professor of the Department of physical geography and geoecology, Pro-rector on scientific work of the Dagestan state pedagogical University; Professor of the Department of recreational geography and sustainable development of the Dagestan state University; senior researcher of the laboratory of biogeochemistry of the Caspian Institute of biological resources of Dagestan scientific center of Russian Academy of Sciences; phone: 89289611097; E-mail: zagir05@mail.ru
- Bratkov Vitaly Viktorovich** - doctor of geographical Sciences, Professor, head of Department of geography of the Moscow state University of geodesy and cartography; phone: 89067864489; E-mail: vbratkov@mail.ru
- Hajibeyov Murathan Isakovich** - candidate of geographical Sciences, Professor of the Department of recreational geography and sustainable development of the Dagestan state University; phone: 89285396125; E-mail: muratxan01@mail.ru