

УДК 551.583(479.24)(045)

*М.М. Магеррамова***ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ОЖИДАЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ГУБА-ХАЧМАЗСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Рассмотрены некоторые вопросы оценки современного состояния и ожидаемых изменений агроклиматических ресурсов Губа-Хачмазского экономического района Азербайджанской Республики. Выбраны и обоснованы методы исследования. Рассмотрены вопросы интерпретации агроклиматической информации для определения современных «норм» агроклиматических показателей и оценки влияния изменения регионального климата на эти ресурсы. Для оценки влияния изменений климата на агроклиматические ресурсы выбраны такие показатели, как дата перехода среднесуточной температуры воздуха выше 10 °С весной и ниже 10 °С осенью, длина теплого периода, сумма активных температур воздуха выше 10 °С, сумма атмосферных осадков и гидротермический коэффициент Селянинова за теплый период года. Для примера показано, что при ожидаемом увеличении температуры воздуха на 2 °С начало теплого периода наступит в равнинных, предгорных и среднегорных зонах на 8-10 дней, а в высокогорье на 22 дня раньше, по сравнению с современным периодом. Осенью окончание теплого периода ожидается на 11–15 дней позже, ожидается увеличение длины теплого периода на 20–23 дня в равнинных, предгорных и среднегорных зонах и на 37 дней – в высокогорной зоне. Также ожидается увеличение суммы активных температур на 581–665 °С за теплый период. Выявлено, что наиболее подверженному влиянию увеличения глобальной температуры воздуха на 2 °С окажется средне- и высокогорные зоны. При увеличении температуры воздуха в будущем на 4 °С и уменьшении атмосферных осадков на 20 %, повторяемость 1-й группы засухи с высотой увеличится от 6 % до 33 %, повторяемость 2-й группы изменится от -14 % до +50 %, а 3-й группы уменьшится на 13–57 %. При увеличении температуры воздуха в будущем на 2 °С и уменьшении атмосферных осадков на 20 %, повторяемость различных групп засухи будет аналогичной предыдущему варианту. Также проведена оценка возможных изменений повторяемости засухи с различной интенсивностью.

*Ключевые слова:* изменение климата, агроклиматические показатели, агроклиматические ресурсы, режим увлажнения, засуха, климатические сценарии, Азербайджанская Республика.

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-4-455-466

Известно, что как в глобальном, так и в региональном масштабах происходит разнонаправленное изменение современного климата. На фоне этих изменений исследование и оценка агроклиматических ресурсов территории Губа-Хачмазского экономического района Азербайджанской Республики представляет собой актуальное и научно-практическое значение.

Губа-Хачмазский экономический район расположен на северо-восточном склоне Большого Кавказа, часть его находится на берегу Каспийского моря и граничит с Российской Федерацией (с Дагестанской Республикой). Рельеф этого района меняется с востока на запад, а набережная часть окружена предгорьями в сочетании с серией высоких горных хребтов (см. рис.) [1].

Площадь территории экономического района составляет 6,96 тыс. км<sup>2</sup>. По численности населения Губа-Хачмазский экономический район занимает седьмое место в республике. По данным на начало 2019 г. население здесь составляет 558,7 тыс. человек [2].

Этот район играет важную роль в экономике страны, основу которой составляет сельское хозяйство и туризм. Основным направлением специализации сельского хозяйства является плодоводство и овощеводство. Также важное место занимают посевы зерновых культур, кукурузы и картофеля. В предгорной и горной территориях района развито овцеводство, а на равнинной зоне – животноводство мясомолочной направленности [3; 4].

Специализация сельского хозяйства и размещение населения сильно зависят от климатических условий и рельефа. В этой связи можно отметить, что существует достаточно много литературных материалов, которые посвящены современному положению природно-ресурсного потенциала, влиянию природных и антропогенных факторов на них, а также оценке исторического и современного состояния сельского хозяйства на северо-восточном склоне Большого Кавказа [4-6].

Данная работа посвящена оценке современного состояния и ожидаемых изменений агроклиматических ресурсов на территории Губа-Хачмазского экономического района.



Рис. Физико-географическое положение Губа-Хачмазского экономического района [1]

## Материалы и методы исследований

В данном исследовании были использованы архивы стандартных суточных и месячных метеорологических данных (за период 1966–2016 гг.) на ГМС Сиязань (20 м), Хачмаз (27 м), Губа (550 м), Халтан (1104 м) и Гырыз (2006 м) за период 1966–2005 гг., которые были взяты из Национальной метеорологической базы данных Азербайджанской Республики [7].

Для оценки влияния изменений климата на агроклиматические ресурсы выбраны следующие показатели: дата перехода среднесуточной температуры воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  весной ( $D_{\text{весна}} > 10^{\circ}$ ) и ниже  $10^{\circ}\text{C}$  осенью ( $D_{\text{осень}} < 10^{\circ}$ ); длина теплого периода, то есть длина периода между датами перехода среднесуточной температуры воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  весной и ниже  $10^{\circ}\text{C}$  осенью ( $N > 10^{\circ}$ ); сумма активных температур воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  за теплый период ( $\Sigma_{T > 10}$ ); сумма атмосферных осадков за теплый период года ( $\Sigma_{R > 10}$ ); индекс увлажнения Будыко (Md) за теплый период года; гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) за теплый период года.

### Метод определения даты переходов среднесуточной температуры воздуха через $10^{\circ}$ весной и осенью

В агрометеорологии и агроклиматологии хорошо известен классический метод определения этих дат на основе среднесуточных температур воздуха. Но при использовании среднемесячных значений температуры воздуха и месячных климатических сценариев изменения температуры воздуха, а также при проведении массовых расчетов на основе компьютерной технологии возникают серьезные проблемы использования классического метода определения этих дат. Для решения этой проблемы использован метод, представленный в [8]. Основу этого метода составляет уравнение тригонометрического полинома и с его помощью с использованием месячных значений ряда климатических элементов можно получить их суточные сглаженные значения:

$$T_s = A_0 \sum_{k=1}^{\infty} \left[ A_k \cos \left( \frac{2\pi k}{365} S \right) + B_k \sin \left( \frac{2\pi k}{365} S \right) \right], \quad (1)$$

где  $S = 0, 1, 2, \dots, 364$  – порядковый номер суток от начала года;  $A_0, A_k, B_k$  – коэффициенты, которые вычисляются на основе месячных значений рассматриваемого элемента. Здесь можно отметить, что

проверка этого метода для вычисления даты переходов показала, что в рассматриваемом районе абсолютные ошибки расчетов составили 0-1 день [9].

### **Методы вычисления коэффициента увлажнения Шашко и гидротермического коэффициента Селянинова**

Известно, что для оценки влагообеспеченности теплого периода на территории стран СНГ чаще всего используются гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) и показатель увлажненности Шашко ( $Md_i$ ) [10- 12]. Оценка увлажненности рассматриваемой территории по формулам Селянинова и Шашко проведена с использованием соответствующих декадных данных за май–сентябрь месяца [13]:

$$ГТК = \frac{\sum(R_i + R_{i-1} + R_{i-2})}{0.1 \cdot \sum(T_i + T_{i-1} + T_{i-2})} \quad (2)$$

$$Md_i = \frac{\sum(R_i + R_{i-1} + R_{i-2})}{\sum(d_i + d_{i-1} + d_{i-2})}, \quad (3)$$

где  $i$  – порядковый номер оцениваемой декады;  $i-1$  – порядковый номер первой предыдущей декады;  $i-2$  – порядковый номер второй предыдущей декады;  $R$  – суточное количество атмосферных осадков, мм;  $T$  – среднесуточная температура воздуха, °С;  $d$  – суточная величина дефицита влажности воздуха, мб. Стоит отметить, что сравнительный анализ рассчитанных величин повторяемости различных классов засухи по обоим методам дал очень близкие результаты [14], поэтому при оценке влияния возможных изменений климата на влагообеспеченность рассматриваемой территории будет использован только метод Селянинова.

*Разработки сценариев изменения регионального климата, оценка влияния этих изменений на агроклиматические ресурсы.* Можно отметить, что уже в ряде исследований используются величины увеличения глобальной температуры на 2,4–2,8 °С относительно доиндустриального периода и на 2 °С относительно современного периода [15]. Например, для оценки влияния возможного изменения климата на речной сток в бассейне реки Северной Двины рассматриваются диапазоны изменения глобальной температуры в пределах -2 °С ... +2 °С, а количества атмосферных осадков в пределах -20 % ... +20 % от современных норм их величин [4]. В [16-18] указывается, что эти величины климатических элементов можно принять как реалистические климатические сценарии. С учетом этих рассуждений и увеличения экстремальности климатических изменений пределы изменчивости температуры воздуха можно расширить до 4 °С, а атмосферных осадков до ±40 %. Также можно отметить, что темпы и направления изменения регионального климата в различных зонах земного шара различны, поэтому нами также рассмотрены варианты возможных уменьшений температуры воздуха в будущем. Основываясь на этих предположениях, для оценки влияния регионального изменения климата на агроклиматические ресурсы Губа-Хачмазского экономического района нами составлены следующие сценарии изменения климата, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

### **Возможные комбинации изменения годовой температуры воздуха и количества атмосферных осадков**

$\Delta t, ^\circ\text{C}$	-4	-2	0	+2	+4
$\Delta R, \%$	-40	-20	0	+20	+40

Как видно из табл. 1,  $\Delta t = 0$  °С и  $\Delta R = 0$  % характеризуют современное состояние и с их учетом нами рассмотрены 24 варианта будущих изменений климата.

*Интерпретация агроклиматической информации для определения современных «норм» агроклиматических показателей.* Для наших исследований наиболее подходящим оказался способ детерминированного возмущения ансамблевого сценария, так как в методическом плане оно является более совершенным по сравнению с другими подходами [19; 20]. Здесь за каждый год, который включен в период для вычисления климатической нормы, рассчитываются соответствующие значения исследуемого параметра. Далее проводится осреднение полученных значений и таким образом определяется климатическая норма. Изменения температуры воздуха и количества атмосферных осадков

можно задать в виде детерминированного возмущения. При этом будущее климатическое состояние определялось путем линейного «сдвига» вектора температуры воздуха и количества атмосферных осадков на заданные величины климатических сценариев [21]. Например, для температуры воздуха можно записать:

$$T_i = T_{iH} + \Delta T_i, \quad i = \overline{1, N}, \quad (4)$$

где  $T_i$  – температура воздуха при изменении климата, °C;  $T_{iH}$  – температура при современном климате, °C;  $\Delta T_i$  – значение изменения температуры воздуха по данным климатических сценариев;  $N$  – длина расчетного периода. Таким же образом можно поступить с вектором прогнозируемых значений количества атмосферных осадков:

$$R_i = R_{iH} \cdot \Delta R_i, \quad i = \overline{1, N}, \quad (5)$$

где  $R_i$  – количество атмосферных осадков при изменении климата, мм;  $R_{iH}$  – количество атмосферных осадков при современном климате, мм;  $\Delta R_i$  – значение изменения количества атмосферных осадков по данным климатических сценариев, в %.

#### **Оценка влияния изменения регионального климата на агроклиматические ресурсы**

Эта процедура осуществлялась с помощью следующих формул [21]:

$$\Delta X_a^i = X_c^i - X_\phi^i \quad (6)$$

$$\Delta X^i = \frac{X_c^i - X_\phi^i}{X_\phi^i} \cdot 100\% \quad , \quad (7)$$

где  $X_c^i$  и  $X_\phi^i$  – вычисляемые показатели при климатических сценариях и при современном состоянии климата соответственно;  $i$  – указывает соответствующий агроклиматический показатель.

#### **Результаты и их обсуждение**

**Агроклиматические показатели тепловых ресурсов.** К ним отнесены агроклиматические «нормы»  $D_{\text{весна}} > 10^\circ$  (дата),  $D_{\text{осень}} < 10^\circ$  (дата),  $N > 10^\circ$  (день) и  $\Sigma T_{>10}$  (°C), а также современные тенденции изменения этих показателей ( $\Delta D_{\text{весна}} > 10^\circ$  (день),  $\Delta D_{\text{осень}} < 10^\circ$  (день),  $\Delta N$  (день),  $\Delta \Sigma T_{>10}$  (°C)), вычисленных по методу линейного тренда за период 1966-2016 гг. (табл. 2).

Таблица 2

**Некоторые показатели тепловых ресурсов территории Губа-Хачмазского экономического района (за 1966–2016 гг.)**

Показатели	Метеорологические станции				
	Хачмаз	Губа	Гырыз	Халтан	Сиязань
$D_{\text{весна}} > 10^\circ$ , дата	12.04	18.04	05.06	26.04	11.04
$\Delta D_{\text{весна}} > 10^\circ$ , день	9	4	-11	10	7
$D_{\text{осень}} < 10^\circ$ , дата	02.11	18.10	16.09	04.10	10.11
$\Delta D_{\text{осень}} < 10^\circ$ , день	-7	-2	-6	7	1
$N > 10^\circ$ , день	205	184	104	161	213
$\Delta N$ , день	-17	-6	4	-3	-14
$\Sigma T_{>10}$ , °C	3807	3176	1171	2393	4032
$\Delta \Sigma T_{>10}$ , °C	20	358	290	508	14

Как видно из табл. 2, даты перехода среднесуточной температуры воздуха выше  $10^\circ\text{C}$  весной приходились на 11-26 апреля в равнинных, предгорных и среднегорных зонах экономического района, а в высокогорной зоне на 5 июня. Вертикальный градиент этого показателя составляет  $-2,4$  день/100 м, коэффициент корреляции между этими датами и высотами равнялся 0,95. Сравнительный анализ полученных результатов с соответствующими данными из [22] показали, что современная «норма» этого показателя в III и IV агроклиматических зонах наблюдалась на 4–6 дней раньше, чем в предыдущий период. По методу линейного тренда задержка наступления этой даты составляла 4–10 дней (за исключением ГМС Гырыз, где сократилось начало теплого периода на 11 дней).

Агроклиматическая «норма» даты перехода среднесуточной температуры воздуха ниже  $10^{\circ}\text{C}$  осенью ( $D_{\text{осень}} < 10^{\circ}$ ) в зависимости от различных высот рассматриваемой территории варьировала в пределах 16 сентября – 10 ноября. Вертикальный градиент этого показателя составляет  $-2,6$  день/100м, коэффициент корреляции между этими датами и высотами равнялся  $0,99$ . Сравнительный анализ полученных результатов с соответствующими данными из [22], современная «норма» этого показателя в III и IV агроклиматических зонах осталась такой же, как в предыдущем периоде, то есть изменения не происходили. По методу линейного тренда наблюдалось раннее наступление осеннего периода на 2–7 дней (за исключением ГМС Халтан, где окончание теплого периода наблюдалось на 7 дней позже). Также выявлено, что в последнем десятилетии окончание теплого периода ускорилось.

Агроклиматическая «норма» длины теплого периода, то есть длина периода между датами перехода среднесуточной температуры воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  весной и ниже  $10^{\circ}\text{C}$  осенью ( $N > 10^{\circ}$ ) в зависимости от высоты местности варьировала в пределах 104–213 дней. Вертикальный градиент этого показателя составляет  $-5,2$  день/100 м, коэффициент корреляции между этими датами и высотами равнялся  $0,99$ . По методу линейного тренда этот период сократился на 3–17 дней (за исключением ГМС Гырыз, где отмечено увеличение на 4 дня). Также выявлено, что в последнем десятилетии из-за похолодания климата длина теплого периода уменьшилась.

Агроклиматическая «норма» суммы активных температур воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  за теплый период ( $\Sigma T_{>10}$ ) в зависимости от высоты местности варьирует в пределах  $1171^{\circ}\text{C}$  –  $4032^{\circ}\text{C}$ . Вертикальный градиент этого показателя составляет  $-138,9^{\circ}\text{C}/100$  м, коэффициент корреляции между этими датами и высотами равнялся  $0,99$ . Сравнительный анализ полученных результатов с соответствующими данными из [22], современная «норма» этого показателя в III агроклиматической зоне увеличилась на  $\approx 300^{\circ}\text{C}$ , а в IV зоне – на  $\approx 200^{\circ}\text{C}$ . По методу линейного тренда выявлено статистически значимое увеличение этого показателя ( $290$ – $508^{\circ}\text{C}$ ) только на ГМС Губа, Гырыз и Халтан (предгорные и горные зоны).

Были построены кривые обеспеченности суммы температуры выше  $10^{\circ}\text{C}$ , а также суммы температур с нарастающим итогом, получены прогностические уравнения теплообеспеченности теплого периода и начала теплого периода в зависимости от суммы активных температур за этот период:

$$\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 7968 - 42,99 \cdot D_{\text{весна}} > 10^{\circ}\text{C}, \quad r = -0,90. \quad (6)$$

$$N = 375 - 1,72 \cdot D_{\text{весна}} > 10^{\circ}\text{C}, \quad r = -0,93. \quad (7)$$

### **Оценка режима увлажнения на территории Губа-Хачмазского экономического района**

Подобная оценка проведена по нескольким показателям. Одним из них является количество атмосферных осадков за теплый период года и отношения этого показателя к годовому количеству осадков.

В теплом периоде года количество атмосферных осадков в равнинной части (20-27 м) варьирует в диапазоне 161-164 мм, в предгорной зоне (550 м) -287 мм, в среднегорье (1104 м) – 240 мм, а высокогорье (2006 м) – 182 мм. Выявлено существенное различие в изменении этого показателя по высоте. Например, если по Сязано-Хачмаз-Губинской высоте отмечается увеличение осадков ( $23,6$  мм/100 м), то в зоне Губа-Халтан-Гырызской высоты наблюдается уменьшение ( $-7,1$  мм/100 м). В обоих случаях коэффициент корреляции между количеством атмосферных осадков и высотой составляет  $0,99$ , то есть полученные связи очень тесны. Отношение количества осадков в теплом периоде к годовой сумме составляет: ГМС Гырыз –  $0,34$ , Халтан –  $0,48$ , Хачмаз  $-0,51$ , Губа  $-0,55$ , Сязань –  $0,58$ . В многолетней тенденции изменения в рядах обоих показателей отмечены незначительные колебания.

Агроклиматическая «норма» ГТК за теплый период года составила: ГМС Сязань и Хачмаз –  $0,42$ , Губа –  $0,90$ , Халтан –  $0,98$ , Гырыз  $-0,56$ . Агроклиматическая «норма» Md за теплый период года составила: Сязань и Хачмаз –  $0,14$ , Губа –  $0,24$ , Халтан –  $0,28$ , Гырыз –  $0,45$ .

Была осуществлена оценка многолетней тенденции изменения количества декад с различной интенсивностью засухи. Для относительного упрощения оценки повторяемость декад с очень сильной и сильной засухой объединена в 1-й группе, повторяемость декад со средней и слабой засухой во 2-й группе, а повторяемость декад без засухи – в 3-й группе. Количество декад составляет 16 (3-я декада апреля и по 3 декады за май-сентябрь месяцев). Повторяемость декад с различной интенсивностью определена как соотношение количества декад 1-й, 2-й или 3-й групп к числу 16 и выражена в

процентах. В связи с отсутствием декадных данных за 2006–2016 гг. нами рассмотрен период 1966–2005 гг. Оценка многолетних тенденций осуществлена с помощью метода линейного тренда. Результаты расчетов приведены в табл. 3 и 4.

Как видно из табл. 3, по методу Шашко происходило увеличение повторяемости декад с очень сильной и сильной засухой (1,6–23,4 %). Отмечено увеличение повторяемости средней и слабой засух в Хачмазе (0,3 %) и Гырызе (6,0 %), а уменьшение – в других зонах (-1,5...-4,6 %). Также отмечено уменьшение повторяемости декад без засухи (-0,8...-18,7 %) (табл. 3). Похожие результаты получены и по данным, вычисленным по методу Селянинова (табл. 4).

Таблица 3

**Многолетняя тенденция изменения повторяемости декад с засухой различной интенсивности (вычисленная по методу Шашко)**

Станции	Класс засушливости					
	I+II (очень сильный и сильный)		III+IV (средний и слабый)		V (засухи нет)	
	$\Delta Md, \%$	$r$	$\Delta Md, \%$	$r$	$\Delta Md, \%$	$r$
Сиязань	2,4	0,05	-1,5	-0,05	-0,8	-0,03
Хачмаз	8,9	0,20	0,3	0,00	-9,2	-0,44
Губа	5,4	0,07	-3,3	-0,06	-2,1	-0,05
Халтан	23,4	0,28	-4,6	-0,10	-18,7	-0,28
Гырыз	1,6	0,04	6,0	0,12	-7,7	-0,11

*Примечание.*  $\Delta Md, \%$  – показывает увеличение или уменьшение засухи различной интенсивности по линейному тренду за период 1966–2005 гг.;  $r$  – коэффициент корреляции линейного тренда, (если  $r > |0,31|$ , то наблюдаемое изменение статистически значимо, то есть эти изменения носят закономерный характер).

Таблица 4

**Многолетняя тенденция изменения повторяемости декад с засухой различной интенсивности (вычисленная по методу Селянинова)**

Станции	Класс засушливости					
	I+II (очень сильный и сильный)		III+IV (средний и слабый)		V (засухи нет)	
	$\Delta ГТК, \%$	$r$	$\Delta ГТК, \%$	$r$	$\Delta ГТК, \%$	$r$
Сиязань	-11,7	-0,17	12,4	0,24	0,7	0,01
Хачмаз	4,7	0,08	3,3	0,08	-8,0	-0,19
Губа	3,3	0,05	3,5	0,08	-6,8	-0,12
Халтан	5,5	0,10	-1,2	-0,03	-4,4	-0,07
Гырыз	2,2	0,06	9,4	0,28	-7,3	-0,14

*Примечание.*  $\Delta ГТК, \%$  – показывает увеличение или уменьшение засухи различной интенсивности по линейному тренду за период 1966–2005 гг.;  $r$  – коэффициент корреляции линейного тренда (если  $r > |0,31|$ , то наблюдаемое изменение статистически значимо, то есть эти изменения носят закономерный характер).

**Оценка возможных изменений показателей тепловых ресурсов**

Результаты оценки изменения тепловых ресурсов на территории Губа-Хачмазского района в зависимости от различных вариаций изменения температуры воздуха и количества атмосферных осадков представлены в табл. 5.

Как видно из табл. 5, при ожидаемом увеличении температуры воздуха на 2 °С начало теплого периода наступит в равнинных, предгорных и среднегорных зонах на 8–10 дней, а в высокогорье на 22 дня раньше, по сравнению с современным периодом. Осенью окончание теплого периода ожидается на 11–15 дней позже. Ожидается увеличение длины теплого периода на 20–23 дня в равнинных, предгорных и среднегорных зонах и на 37 дней в высокогорной зоне. Также ожидается увеличение суммы активных температур на 581–665 °С за теплый период. Как видно из этих данных, наиболее подверженными к влиянию увеличения глобальной температуры воздуха на 2 °С окажутся средне- и высокогорные зоны. Подобные результаты для изменения температуры воздуха на +4°С, -2°С и -4°С представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Изменения показателей термических ресурсов на фоне ожидаемых изменений климата**

Станция	Условные обозначения	Климатические сценарии							
		$\Delta T=2^\circ$	$\Delta T=4^\circ$	$\Delta T=2^\circ$	$\Delta T=4^\circ$	$\Delta T=2^\circ$	$\Delta T=4^\circ$	$\Delta T=2^\circ$	$\Delta T=4^\circ$
		$D_t > 10^\circ C$ весна, день		$D_t < 10^\circ C$ осень, день		$N_t > 10^\circ C$ , день		$\sum T > 10^\circ C$	
Сиязань	а/в	-10	-23	12	25	22	48	665	1407
	о/в, %	-10	-23	4	8	10	22	16	34
Хачмаз	а/в	-9	-29	13	26	22	48	649	1377
	о/в, %	-9	-29	4	8	11	23	17	36
Губа	а/в	-8	-18	11	24	20	43	581	1251
	о/в, %	-8	-17	4	8	11	23	18	39
Халтан	а/в	-10	-20	12	24	23	44	589	1212
	о/в, %	-9	-17	4	6	14	27	24	49
Гырыз	а/в	-22	-39	15	28	37	68	607	1245
	о/в, %	-14	-25	6	11	35	64	50	102
Сиязань	а/в	20	9	-23	-12	-43	-21	-1196	-615
	о/в, %	20	10	-7	-4	-20	-10	-29	-15
Хачмаз	а/в	20	10	-22	-11	-43	-21	-1164	-598
	о/в, %	20	10	-7	-4	-21	-10	-30	-15
Губа	а/в	21	10	-21	-10	-42	-20	-1115	-574
	о/в, %	20	9	-7	-3	-22	-11	-34	-18
Халтан	а/в	33	15	-24	-12	-57	-27	-1091	-571
	о/в, %	29	13	-8	-4	-35	-16	-44	-23
Гырыз	а/в	35	16	-37	-15	-71	-31	-942	-501
	о/в, %	22	10	-14	-6	-67	-29	-78	-41

Примечание. а/в – абсолютная величина – вычислена по формуле (6), о/в – относительная величина – вычислена по формуле (7).

Таблица 6

**Изменение количества атмосферных осадков в теплом периоде года в зависимости от различных климатических сценариев (в %)**

Станция	$\Delta t = -4^\circ C$				
	$\Delta R = -40\%$	$\Delta R = -20\%$	$\Delta R = 0\%$	$\Delta R = 20\%$	$\Delta R = 40\%$
Сиязань	-57	-43	-29	-15	0
Хачмаз	-58	-44	-29	-15	0
Губа	-58	-43	-29	-15	-1
Халтан	-68	-56	-46	-35	-24
Гырыз	-85	-81	-76	-71	-67
$\Delta t = -2^\circ C$					
Сиязань	-43	-24	-5	3	21
Хачмаз	-48	-31	-14	3	20
Губа	-48	-46	-14	3	20
Халтан	-54	-39	-23	-8	7
Гырыз	-60	-46	-51	-21	8
$\Delta t = 2^\circ C$					
Сиязань	-33	-11	12	34	56
Хачмаз	-25	-8	15	37	75
Губа	-42	-11	11	33	56
Халтан	-25	-7	17	40	75
Гырыз	-25	-15	44	72	75

Окончание табл.6

$\Delta t = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$					
Сиязнь	-26	-1	24	48	73
Хачмаз	-21	6	33	59	85
Губа	-26	0	24	49	74
Халтан	-27	6	32	58	85
Гырыз	9	46	82	118	155

Таблица 7

**Изменение повторяемости засух с различной интенсивностью в теплом периоде года в зависимости от различных климатических сценариев (в %)**

Станция	$\Delta t = -4\text{ }^{\circ}\text{C}$											
	$\Delta R = -40\%$			$\Delta R = -20\%$			$\Delta R = 20\%$			$\Delta R = 40\%$		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Сиязнь	23	-29	-56	12	-18	-28	-11	24	17	-15	24	33
Хачмаз	21	-12	-67	11	-12	-28	-11	25	17	-21	38	44
Губа	86	12	-42	27	4	-13	-18	-16	15	-36	-24	26
Халтан	52	56	-32	19	31	-14	-24	-6	10	-38	-12	16
Гырыз	100	50	-10	40	25	-5	-20	-25	3	-40	-25	5
	$\Delta t = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$											
Сиязнь	17	-20	-60	9	-7	-33	-11	27	27	-19	40	40
Хачмаз	17	-19	-65	7	-6	-29	-10	12	36	-19	31	31
Губа	96	4	-50	42	0	-21	-21	-11	17	-33	-25	-25
Халтан	61	35	-37	26	15	-16	-17	-20	14	-30	-25	-25
Гырыз	133	50	-15	50	10	-5	-17	-20	4	-33	-40	-40
	$\Delta t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$											
Сиязнь	18	-40	-54	8	-13	-31	-8	13	38	-17	33	54
Хачмаз	17	-25	-73	7	-12	-27	-8	6	45	-16	19	82
Губа	82	4	-53	39	4	-27	-21	0	13	-36	-11	29
Халтан	62	27	-42	19	18	-17	-15	-18	15	-31	-27	27
Гырыз	112	55	-18	38	18	-6	-25	-9	4	-38	-27	7
	$\Delta t = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$											
Сиязнь	16	-43	-55	11	-7	-36	-11	14	27	-16	36	64
Хачмаз	17	-40	-70	8	-7	-50	-7	13	30	-13	13	80
Губа	64	7	-58	27	11	-30	-12	7	18	-39	-4	35
Халтан	59	26	-48	26	13	-21	-14	-13	15	-28	-22	27
Гырыз	90	83	-24	40	25	-9	-20	-17	5	-40	-17	8
	$\Delta t = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$											
Сиязнь	16	-43	-67	6	-14	-33	-6	14	33	-13	21	78
Хачмаз	14	-47	-57	6	-7	-57	-6	7	57	-13	20	100
Губа	57	0	-62	27	0	-29	-24	-3	29	-41	-3	47
Халтан	64	12	-53	26	8	-23	-18	-12	19	-30	-27	35
Гырыз	83	125	-33	33	50	-13	-25	0	4	-42	-8	8

*Примечание.* 1-я группа – очень сильная + сильная засуха; 2-я группа – средняя + слабая засуха; 3-я группа – засухи нет.

**Оценка возможных изменений количества атмосферных осадков за теплый период года**

Результаты оценки в зависимости от различных вариаций изменения температуры воздуха и количества атмосферных осадков представлены в табл. 6.

Как видно из табл. 6, при увеличении температуры воздуха на  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  и уменьшении количества атмосферных осадков на 40 % в будущем ожидается уменьшение количества атмосферных осадков в теп-

лом периоде на 57–58 % на равнинных и предгорных зонах, на 68 % в среднегорной и на 85 % в высокогорной зонах. Возможными причинами таких экстремальных уменьшений этого показателя являются уменьшение годового количества осадков на 40 % и сокращение длины теплого периода. Соответствующие результаты расчетов при других вариациях сценариев климата также представлены в табл. 6.

#### **Оценка возможных изменений повторяемости засухи с различной интенсивностью**

Результаты оценки с использованием метода Селянинова в зависимости от различных вариаций изменения температуры воздуха и количества атмосферных осадков представлены в табл. 7.

При увеличении температуры воздуха в будущем на 4 °С и уменьшении атмосферных осадков на 20 %, повторяемость 1-й группы засухи с высотой увеличится от 6 % до 33 %, повторяемость 2-й группы изменится от -14 % до +50 %, а 3-й группы уменьшится на 13–57 %. При увеличении температуры воздуха в будущем на 2 °С и уменьшении атмосферных осадков на 20 %, повторяемость различных групп засухи будет аналогичной предыдущему варианту.

Аналогичную оценку можно продолжить, но в связи с ограниченностью объема статьи дальнейшая оценка не проводится.

#### **Выводы**

Оценивая современное состояние и ожидаемые изменения агроклиматических ресурсов на территории Губа-Хачмазского экономического района Азербайджанской Республики получены следующие результаты:

1. Предложена методика определения даты переходов среднесуточной температуры воздуха через 10° весной и осенью и разработаны сценарии изменения регионального климата, приведена оценка влияния этих изменений на агроклиматические ресурсы.

2. Даты перехода среднесуточной температуры воздуха выше 10 °С весной в зависимости от высоты местности варьируют в диапазоне 11 апреля – 5 июня. Вертикальный градиент этого показателя составляет -2,4 день/100 м. В период 1966–2016 гг. значения этого показателя в равнинной, предгорной и среднегорной зонах увеличилась на 4–10 дней (происходит задержка начала теплого периода), а в Гырызе уменьшилась на 11 дней (происходит раннее начало теплого периода).

3. Даты перехода среднесуточной температуры воздуха ниже 10 °С осенью в зависимости от высоты местности варьируют в диапазоне 18 сентября – 10 ноября. Вертикальный градиент этого показателя составляет -2,6 день/100 м. За расчетный период значения этого показателя уменьшились на 1–18 дней (происходит раннее окончание теплого периода).

4. Длина теплого периода в зависимости от высоты местности варьирует в диапазоне 104–213 дней. Вертикальный градиент этого показателя составляет -5, 2день/100м. В рассматриваемый период длина теплого периода в равнинной, предгорной и среднегорной зонах сократилась на 3–17 дней, а в Гырызе увеличилась на 4 дня.

5. Сумма активных температур воздуха выше 10 °С составила: на равнинной территории – 3807–5032 °С; предгорной зоне – 3176 °С, в среднегорье – 2393 °С; в высокогорной зоне – 1171 °С. Вертикальный градиент этого показателя составляет -144 °С /100 м. За рассматриваемый период увеличение этого показателя составило: равнинная территория – 20 °С; предгорная зона – 358 °С, в среднегорье – 508 °С; в высокогорной зоне – 290 °С.

6. Проведена оценка влагообеспеченности по количеству атмосферных осадков за теплый период года. Вертикальный градиент этого показателя по линии Сиязань-Губа составляет +23,6 мм/100 м, а по линии Губа-Гырыз – -7,1 мм/100м.

7. За теплый период года величины гидротермического коэффициента по высоте увеличивались от 0,42 до 0,98, далее наблюдалось снижение их значений. В отличие от показателя ГТК, величины Md по высоте увеличивались от 0,14 до 0,45.

8. Осуществлена оценка возможных изменений количества атмосферных осадков за теплый период года. Например, при увеличении температуры воздуха на 4°С и уменьшении количества атмосферных осадков на 40 % в будущем ожидается уменьшение количества атмосферных осадков на 57–58 % на равнинных и предгорных зонах, на 68 % в среднегорной и на 85 % в высокогорной зонах.

9. Проведена оценка ожидаемых изменений повторяемости засухи с различной интенсивностью в теплом периоде года с использованием метода Селянинова. Например, при увеличении температуры воздуха в будущем на 4 °С и уменьшении атмосферных осадков на 20 %, повторяемость 1-й груп-

пы засухи с высотой увеличится от 6 % до 33 %, повторяемость 2-й группы изменится от -14 % до +50 %, а 3-й группы уменьшится на 13–57 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азербайджанская национальная энциклопедия. Баку: Элм, 2007. 881 с.
2. Территория, численность, плотность населения и число населенных пунктов городов и районов Азербайджанской Республики на начало 2021 года. URL: <https://meclis.gov.az/documents/ehali-ru.pdf?cat=24&lang=ru> (дата обращения 24.10.2021).
3. Агроклиматический атлас Азербайджана / под ред. А.Дж. Эйюбова. Баку: Изд-во Академии наук Азербайджана, 1993. 104 с.
4. Алиев М.Т. Проблемы формирования и развития экономики Азербайджана. Баку: Изд-во «Мутарджим», 2001. 764 с.
5. Надиров В.А. Закономерности распределения климатических характеристик различной обеспеченности Азербайджанской ССР. Баку: Элм, 1986. 139 с.
6. Алиев И.Н. Исторические этапы сельского хозяйства Азербайджана и перспективы его развития. Баку: Изд-во «Ишыг», 2004. 381 с.
7. Сафаров С.Г. Основные этапы создания метеорологической информационной базы в Азгоскомгидромете // Тр. ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 170. С. 230-239.
8. Бойко А.П., Славов Н., Вылков Н. Реконструкция средних суточных значений метеорологических элементов в соответствии со средними месячными значениями // Метеорология и гидрология, 1984. № 4. С. 26-33.
9. Сафаров С.Г., Рагимов М.К., Магеррамова М.М. Методика определения дат начала и окончания теплого периода года в гидрометеорологических исследованиях // Изв. Национ. академии авиации. 2010. Т. 12, № 3. С. 27-30.
10. Константинов А.Р., Струнников Э.А. Нормирование орошения: методы, их оценка, пути уточнения // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 1. С. 19-28.
11. Константинов А.Р., Струнников Э.А. Нормирование орошения: методы, их оценка, пути уточнения // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 2. С. 33-42.
12. Константинов А.Р., Струнников Э.А. Нормирование орошения: методы, их оценка, пути уточнения // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 3. С. 37-44.
13. Зоидзе Е.К., Сухарева В.В. Методические указания по составлению «Научно-прикладного справочника по агроклиматическим ресурсам». Ч. 4. Засушливые явления на территории СССР. Обнинск: Изд-во «Рота-принт», 1991. 9 с.
14. Сафаров С.Г., Магеррамова М.М. Исследование современных проблем комплексного использования показателей засухи для территории Азербайджанской Республики // Журнал современных проблем рационального и комплексного использования водных ресурсов. Баку, 2011. С. 50-55.
15. Израэль Ю.А. О состоянии современного климата и предложения о деятельности в области противодействия изменению климата // Метеорология и гидрология. 2008. №10. С. 5-8.
16. Бельчиков В.А., Полунин А.Я., Симонов Ю.А., Христофоров А.В. Поливариантное оценивание возможных климатических изменений речного стока на примере бассейна Северной Двины // Метеорология и гидрология. 2009. №3. С.74-84.
17. Climate of Europe // First European Climate Assessment. ECSN, 1995. 73 p.
18. Nordhaus W.D. Managing the Global Commons: The economic of Climate Change, Cambridge, Mass.: MIT Press. 1994. 213 p.
19. Павлова В.Н. О различных способах интерпретации климатической информации в задачах оценки влияния изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур // Тр. ВНИИСХМ. 1986. Вып. 21. С. 93-103.
20. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. СПб.: Изд-во Гидрометеоздат, 1992. 424 с.
21. Сафаров С.Г. Агрометеорологические аспекты прикладного динамического моделирования продуктивности зерновых культур. Баку: Изд-во БГУ 2003, 179 с.
22. Агроклиматические ресурсы Азербайджанской ССР. Справочник. Л.: Гидрометеоздат, 1975. 218 с.

Поступила в редакцию 28.10.2021

Магеррамова Малахат Муса, диссертант  
Бакинский государственный университет  
Az.1148, Азербайджан, Баку, ул. Захида Халилова, 23  
E-mail: malahat-musa@mail.ru

*M.M. Magerramova*

**ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE AND EXPECTED CHANGES IN AGRO-CLIMATIC RESOURCES OF THE GUBA-KHACHMAZ ECONOMIC REGION OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN**

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-4-455-466

The article discusses some issues of assessing the current state and expected changes in agro-climatic resources of the Guba-Khachmaz economic region. Research methods are selected and substantiated. The issues of interpretation of agro-climatic information are considered to determine modern "norms" of agro-climatic indicators and assess the impact of regional climate change on these resources. To assess the impact of climate change on agroclimatic resources, such indicators as the date of the transition of the average daily air temperature above 10 °C in the spring and below 10 °C in the fall, the length of the warm period, the sum of active air temperatures above 10 °C, the sum of precipitation and the hydrothermal coefficient Selyaninov for the warm season. For example, it is shown that with the expected increase in air temperature by 2 °C, the beginning of the warm period will begin in the lowland, foothill and mid-mountain zones by 8–10 days, and in the highlands by 22 days earlier than in the modern period. In autumn, the end of the warm period is expected 11–15 days later; the length of the warm period is expected to increase by 20–23 days in the lowland, foothill and mid-mountain zones and by 37 days in the high-mountain zone. It is also expected that the sum of active temperatures will increase by 581–665 °C for the warm period. It was revealed that the most susceptible to the influence of an increase in global air temperature by 2 °C will be medium and high mountain zones. With an increase in air temperature in the future by 4 °C and a decrease in atmospheric precipitation by 20 %, the frequency of occurrence of the 1st group of drought with height will increase from 6 % to 33 %, the frequency of occurrence of the 2-nd group will change from -14 % to + 50 %, and the first group will decrease by 13–57 %. With an increase in air temperature in the future by 2 °C and a decrease in atmospheric precipitation by 20 %, the frequency of occurrence of various groups of drought will be similar to the previous variant. Also, an assessment was made of possible changes in the frequency of drought with different intensities.

*Keywords:* climate change, climatic indicators, agro-climatic resources, Selyaninov's hydrothermal coefficient, drought, climate scenarios, Azerbaijan Republic.

REFERENCES

1. *Azerbaydzhanskaya Natsional'naya Entsiklopediya* [Azerbaijan National Encyclopedia], Baku: Elm Publ., 2007, 881 p. (in Azer.).
2. *Territoriya, chislennost', plotnost' naseleniya i chislo naseleennykh punktov gorodov i rayonov Azerbaydzhanskoy Respubliki na nachalo 2021 goda* [Territory, number, population density and number of settlements of cities and regions of the Republic of Azerbaijan at the beginning of 2021], Available at: <https://meclis.gov.az/documents/ehaliru.pdf?cat=24&lang=ru/> (дата обращения 24.10.2021) (in Azer.).
3. *Agroklimaticheskiy atlas Azerbaydzhana* [Agroclimatic Atlas of Azerbaijan], Eyyubov A.J. (ed). Baku: Academy of Sciences of Azerbaijan Institute of Geography Publ., 1993, 104 p. (in Azer.).
4. Aliev M.T. *Problemy formirovaniya i razvitiya ekonomiki Azerbaydzhana* [Problems of the formation and development of the economy of Azerbaijan], Baku: Mutarjim Publ., 2001, 764 p. (in Azer.).
5. Nadirov V.A. *Zakonomernosti raspredeleniya klimaticheskikh kharakteristik razlichnoy obespechennosti Azerbaydzhanskoy SSR* [Regularities in the distribution of climatic characteristics of various levels of security in the Azerbaijan SSR], Baku: Elm Publ., 1986, 139 p. (in Azer.).
6. Aliev I.N. *Istoricheskie etapy sel'skogo khozyaystva Azerbaydzhana i perspektivy ego razvitiya* [Historical stages of agriculture sector in Azerbaijan and prospects for its development], Baku: Ishig Publ., 2004, 381 p. (in Russ.).
7. Safarov S.G. *Osnovnye etapy sozdaniya meteorologicheskoy informatsionnoy bazy v Azgoskomgidromete* [The main stages of creating a meteorological information base in the Azgohydromet], in *Trudy VNIIGMI-MCD*, 2002, iss. 170, pp. 230-239 (in Russ.).
8. Boyko A.P., Slavov N., Vylkov N. *Rekonstruktsiya srednikh sutochnykh znacheniy meteorologicheskikh elementov v sootvetstviy so srednimi mesyachnymi znacheniyami* [Reconstruction of the average daily values of meteorological elements in accordance with the average monthly values], in *Meteorologiya i Gidrologiya*, 1984, no. 4, pp. 26-33 (in Russ.).
9. Safarov S.G., Ragimov M.K., Magerramova M.M. *Metodika opredeleniya daty nachala i okonchaniya teplogo perioda goda v gidrometeorologicheskikh issledovaniyakh* [Methodology for determining the date of the beginning and end of the warm period of the year in hydrometeorological research], in *Izvestiya Natsion. akademii aviatsii*, 2010, vol. 12, no. 3, pp. 27-30 (in Azer.).
10. Konstantinov A.R., Strunnikov E.A. *Normirovanie orosheniya: metody, ikh otsenka, puti utochneniya* [Irrigation rationing: methods, their assessment, ways of refinement], in *Gidrotekhnika i melioratsiya*, 1986, no. 1, pp. 19-28 (in Russ.).

11. Konstantinov A.R., Strunnikov E.A. Normirovanie orosheniya: metody, ikh otsenka, puti utochneniya [Irrigation rationing: methods, their assessment, ways of refinement], in *Gidrotekhnika i melioratsiya*, 1986, no. 2, pp. 33-42 (in Russ.)
12. Konstantinov A.R., Strunnikov E.A. Normirovanie orosheniya: metody, ikh otsenka, puti utochneniya [Irrigation rationing: methods, their assessment, ways of refinement], in *Gidrotekhnika i melioratsiya*, 1986, no. 3, pp. 37-44. (in Russ.)
13. Zoidze E.K., Sukhareva V.V. *Metodicheskie ukazaniya po sostavleniyu "Nauchno-prikladnogo spravochnika po agroklimaticheskim resursam". Ch. 4. Zasushlivyye yavleniya na territorii SSSR* [Methodological guidelines for the compilation of the "Scientific and applied reference book on agroclimatic resources", part 4, "Arid phenomena on the territory of the USSR"], Obninsk: Rotaprint Publ., 1991, 9 p. (in Russ.)
14. Safarov S.G., Magerramova M.M. Issledovanie sovremennykh problem kompleksnogo ispol'zovaniya pokazateley zasukhi dlya territorii Azerbaydzhanskoj Respubliki [Study of modern problems of the integrated use of drought indicators for the territory of the Republic of Azerbaijan], in *Zhurnal sovremennykh problem ratsional'nogo i kompleksnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov* [Journal of modern problems of rational and integrated use of water resources], Baku, 2011, pp. 50-55 (in Azer.)
15. Izrael' Yu.A. O sostoyanii sovremennogo klimata i predlozheniya o deyatelnosti v oblasti protivodeystviya izmeneniyu klimata [On the state of the modern climate and proposals for activities in the field of combating climate change], in *Meteorologiya and Hydrologiya*, 2008, no. 10, pp. 5-8 (in Russ.)
16. Belchikov V.A., Polunin A.Ya., Simonov Yu.A., Khristoforov A.V. [Polyvariant estimation of possible climatologic river runoff changes with emphasis on the Northern Dvina catchment], in *Meteorologiya and Hydrologiya*, 2009, no. 3, pp. 74-84 (in Russ.)
17. Climate of Europe, in *First European Climate Assessment*. ECSN, 1995, 73 p.
18. Nordhaus W.D. *Managing the Global Commons: The economic of Climate Change*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1994, 213 p.
19. Pavlova V.N. O razlichnykh sposobakh interpretatsii klimaticheskoy informatsii v zadachakh otsenki vliyaniya izmeneniy klimata na produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [On various ways of interpreting climatic information in the tasks of assessing the impact of climate change on the productivity of agricultural crops], in *Trudy VNIISKhM*, 1986, no. 21, pp. 93-103 (in Russ.)
20. Polevoy A.N. *Sel'skokhozyaystvennaya meteorologiya* [Agricultural meteorology], St.Petersburg: Gidrometeoizdat Publ., 1992, 424 p. (in Russ.)
21. Safarov S.G. *Agrometeorologicheskie aspekty prikladnogo dinamicheskogo modelirovaniya produktivnosti zernovykh kul'tur* [Agrometeorological aspects of applied dynamic modeling of the productivity of grain crops.], Baku: Baku State University, 2003, 179 p. (in Russ.)
22. *Agroklimaticheskie resursy Azerbaydzhanskoj SSR* [Agroclimatic resources of Azer. SSR], Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1975, 218 p. (in Russ.)

Received 28.10.2021

Magerramova M.M., dissertation candidate  
Baku State University  
Zahid Khalilov st., 23, Baku, Azerbaijan, Az. 1148  
E-mail: malahat-musa@mail.ru