

Оригинальная статья

УДК 502/504:631.4

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-54-59

## ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНА САНЫ. НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

**ИСАЕВ АНДРЕЙ СЕРГЕЕВИЧ**, инженер

andisrgau@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44, корп.2, Россия

*Цель исследований – дать характеристику степени континентальности климата и негативных климатических явлений, включающих в себя засухи, суховеи, пыльные бури и заморозки, по природно-сельскохозяйственным горным районам бассейна Саны. Негативные климатические явления оказывают губительное воздействие на продуктивность сельскохозяйственных культур, общую биологическую продуктивность богарного земледелия при определенном уровне сельскохозяйственного производства. Получены данные, которые наряду с оценкой термических и световых ресурсов позволили определять специализацию производства, продуктивность сельскохозяйственных культур, общую биологическую продуктивность богарного земледелия при определенном уровне сельскохозяйственного производства, особенности агротехнических, водных, химических, противозерозионных мелиораций, объем и качество сельскохозяйственной продукции, производственные затраты.*

**Ключевые слова:** агроклиматические ресурсы, термические и световые ресурсы, неблагоприятные климатические явления, континентальность климата, классификация сельскохозяйственных растений

**Формат цитирования:** Исаев А.С. Оценка агроклиматических ресурсов бассейна Саны. Неблагоприятные климатические условия // Природобустройство. – 2022. – № 3. – С. 54-59. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-54-59.

© Исаев А.С., 2022

Original article

## ASSESSMENT OF AGROCLIMATIC RESOURCES OF THE SANA'A BASIN. UNFAVORABLE CLIMATIC CONDITIONS

**ISAEV ANDREY SERGEEVICH**, engineer

andisrgau@mail.ru

All-Russian scientific research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, B. Akademicheskaya St., house 44, building 2. Russia

*The aim of the study is to characterize the degree of continentality of the climate and negative climatic phenomena, including droughts, dry winds, dust storms and frosts in the natural-agricultural mountainous regions of the Sana'a basin. The obtained data, along with the assessment of thermal and light resources, made it possible to determine the specialization of production, the productivity of agricultural crops, the general biological productivity of rainfed agriculture at a certain level of agricultural production, especially agro technical, water, chemical, anti-erosion reclamations, the volume and quality of agricultural products obtained, production costs.*

**Keywords:** agroclimatic resources, thermal and light resources, unfavorable climatic phenomena, continental climate, classification of agricultural plants

**Format of citation:** Isaev A.S. Assessment of agroclimatic resources of the Sana'a basin. Unfavorable climatic conditions // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – № 3 – P. 54-59. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-54-59.

**Введение.** Основной задачей исследований является характеристика степени континентальности климата и негативных климатических

явлений, включающих в себя засухи, суховеи, пыльные бури и заморозки, по природно-сельскохозяйственным горным районам бассейна

Саны. Названные явления негативно воздействуют на продуктивность сельскохозяйственных культур, общую биологическую продуктивность богарного земледелия при определенном уровне сельскохозяйственного производства, особенно агротехнических, водных, химических, противэрозионных мелиораций, объем и качество получаемой сельскохозяйственной продукции, производственные затраты.

**Неблагоприятные климатические условия. Засуха [1-12].** Под засухой понимают явление, происходящее в почве и атмосфере, которое возникает при длительном отсутствии осадков и высоких температурах воздуха в сочетании с большой испаряемостью. В результате нарушается водный баланс, уменьшается влажность почвы и снижается продуктивность растений. При понижении влажности почвы до влажности устойчивого завядания растения погибают.

Для характеристики засухи используют различные показатели, в том числе ее критерий по величине гидротермического коэффициента увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК), характеризующий уровень влагообеспеченности

территории в виде величины соотношения приходной части водного баланса (осадки) к максимальной возможной величине его расходной части – испаряемости, выраженной суммой активных температур воздуха выше 10°C:

$$\text{ГТК} = \frac{\text{Ос}}{0,1 \cdot \sum t_{\text{ep}} > 10^{\circ}\text{C}}, \quad (1)$$

где Ос – сумма осадков за период с температурой выше +10°C, мм;  $\sum t_{\text{ep}} > 10^{\circ}\text{C}$  – сумма активных температур за период с температурой выше +10°C.

Г.Т. Селянинов по величине гидротермического коэффициента увлажнения ГТК выделяет следующие зоны: избыточного увлажнения, ГТК = 1,3-1,6; слабозасушливая, ГТК = 1,0-1,3; засушливая, ГТК = 0,7-1,0; сильно засушливая, ГТК = 0,4-0,7; сухая, ГТК < 0,4.

Гидротермический коэффициент увлажнения ГТК используется в агрономии для общей оценки климата и выделения зон различного уровня влагообеспеченности с целью определения целесообразности выращивания тех или иных сельскохозяйственных культур. Классификация засухи по интенсивности и продолжительности представлена в таблице 1 [11].

Таблица 1

### Классификация засухи по интенсивности и продолжительности

Table 1

#### Classification of droughts by the intensity and duration

№	Интенсивность засухи <i>Intensity of droughts</i>	Снижение урожайности относительно среднего многолетнего значения <i>Reduction of yield relative to the long-term average value</i>	Гидротермический коэффициент ГТК <i>Hydrothermal coefficient HTC</i>	Продолжительность засухи <i>Duration of droughts</i>
1	Слабая <i>Weak</i>	0-10%	1,0-1,3	Одна засушливая декада в период вегетации <i>One dry decade in the period of vegetation</i>
2	Средняя <i>Mean</i>	10-25%	0,7-1,0	Две засушливые декады в период вегетации <i>Two dry decades in the period of vegetation</i>
3	Сильная <i>Strong</i>	25-50%	0,4-0,7	Три засушливые декады в период вегетации <i>Three dry decades in the period of vegetation</i>
4	Очень сильная <i>Very strong</i>	более 50% <i>more than 50%</i>	менее 0,4 <i>less 0.4</i>	Пять и более засушливых декад в период вегетации <i>Five and more dry decades in the period of vegetation</i>

Степень засушливости территории характеризуется продолжительностью бездождевого периода. Анализ средних многолетних суточных осадков, полученных по данным наблюдений на станции Шоуб (г. Сана), показывает следующее: в течение 70 дней подряд не бывает осадков; в течение 135 дней подряд не бывает осадков один раз в 10 лет; в течение 160 дней подряд не бывает осадков один раз

в 20 лет. Как правило, засушливый период наблюдается с сентября до марта, после летнего дождливого сезона.

**Суховеи и пыльные бури [11, 12].** В агрометеорологической практике суховеи обычно считают ветер, имеющий скорость более 5 м/с, при котором хотя бы одно из наблюдений показывает снижение относительной влажности воздуха до 20-30%, повышение

температуры воздуха до 25-40°C, снижение дефицита упругости водяного пара до 20 м.б.

Широкое применение в сельском хозяйстве получили агрометеорологические показатели суховеев, предложенные Е.А. Цубербиллер [13]. В соответствии с этими показателями

разработана классификация суховеев по интенсивности (табл. 2).

Метеорологические данные, полученные в результате наблюдений на станции Шоуб (г. Сана), представлены в таблице 3 [11].

Таблица 2

### Классификация суховеев по интенсивности [11, 12]

Table 2

#### Classification of hot dry winds by intensity [11, 12]

№	Интенсивность суховеев <i>Intensity of hot dry winds</i>	Испаряемость, мм/сутки <i>Evaporation, mm/day</i>	Дефицит влажности воздуха (мб) в один из сроков наблюдений при скорости ветра <i>Deficiency of air humidity (mb) in one of the observation periods at wind speed</i>	
			до 10 м/с / up to 10 m/s	более 10 м/с / more than 10 m/s
1	Слабые / <i>Weak</i>	3-5	15-24	10-14
2	Средние / <i>Mean</i>	5-6	25-29	Более 20
3	Интенсивные / <i>Intensive</i>	6-8	30-39	более 25 / <i>more than</i>
4	Очень интенсивные <i>Very intensive</i>	Более 8 <i>more than 8</i>	более 40 <i>more than 40</i>	более 35 <i>more than 35</i>

Таблица 3

### Метеорологические данные для определения интенсивности суховеев

Table 3

#### Meteorological data for determination of the intensity of hot dry winds

№	Метеоэлементы / <i>Meteoelements</i>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	Влажность воздуха (средняя из минимальных месячных значений), % <i>Air humidity (average of the minimum monthly values), %</i>	16	17	20	20	18	20	18	23	20	18	22	21
2	Температура воздуха (средняя из максимальных месячных значений), °C <i>Air temperature (average of the maximum monthly values), °C</i>	23,9	24,8	25,7	26,6	27,7	28,2	28,4	28,1	27,4	25,2	23,6	23,4
3	Скорость ветра (средняя из максимальных суточных значений), м/сек <i>Wind speed (mean of the daily values), m/sec</i>	11,0	12,6	12,9	13,4	13,0	12,9	15,0	14,9	12,3	10,0	9,9	10,9
4	Испаряемость, мм/сутки <i>Evaporation, mm/day</i>	5,9	7,0	6,2	7,0	8,1	9,3	8,3	7,1	8,4	6,8	5,6	5,7
5	Дефицит влажности воздуха (абсолютный максимум), мб <i>Air humidity deficit (absolute maximum), mb</i>	24,8	26,0	26,4	27,8	30,4	30,6	31,8	29,4	29,2	26,2	22,7	22,9

Анализ представленных в таблице 3 метеорологических данных показывает, что в пределах рассматриваемой территории суховеи возможны практически в любой месяц года.

Е.А. Цубербиллер [13] установила, что если в почве имеется достаточное количество влаги, а именно: в слое 0-20 см – более 20 мм; в слое 0-50 см – более 50 мм; в слое 0-100 см – около 100 мм, – то посевы сельскохозяйственных культур могут: в течение пяти дней без повреждений переносить слабые суховеи; в течение четырех дней – средние суховеи; в течение трех дней – интенсивные суховеи;

в течение одного-двух дней – очень интенсивные суховеи.

**Пыльные бури.** Возникновению и развитию пыльных бурь способствуют:

- низкая влажность воздуха;
- низкая влажность, легкий гранулометрический состав и нарушенная (пылеватая) структура верхнего горизонта почвы;
- отсутствие растительности;
- близость пустыни Руб аль Хали;
- система земледелия, не соответствующая почвенно-климатическим условиям региона.

Пыльные бури являются одним из наиболее активных факторов, разрушающих почву. Выдувание верхних слоев почвы начинается при скорости ветра 8-12 м/с. Предпосылкой возникновения пыльных бурь является недостаточная продуманная деятельность человека.

Пыльные бури и связанная с ними ветровая эрозия возникают и усиливаются там, где система земледелия не соответствует почвенно-климатическим условиям данного района. Особенно неблагоприятной в этом отношении является Санская равнина, где пыльные бури возможны в любом месяце.

**Заморозки.** К заморозкам относятся периоды, когда температура на поверхности почвы, в травостое и в слое воздуха на уровне крон плодовых культур понижается до 0°C и ниже.

Практически на всей территории бассейна Саны заморозки возможны в течение 5 месяцев в году: с октября по февраль. Отрицательные температуры наблюдаются не ежегодно, хотя имеются периоды, когда на протяжении нескольких лет подряд в нескольких месяцах наблюдается снижение температуры воздуха

до -6°C, которое, как правило, имеет место в утреннее время, и продолжительность его составляет несколько часов. По данным наблюдений в старом аэропорту г. Сана в 1963 г., заморозки имели место в течение 20 дней, из которых три дня сопровождалось снегопадами.

На интенсивность и продолжительность заморозков большое влияние оказывает топография местности. Так, по данным краткосрочных наблюдений, на станции Мачхиз в феврале 1984 г. отмечалось 13 дней с температурой воздуха ниже 0°C и продолжительностью до 4 ч в сутки.

Ориентировочные абсолютные месячные минимальные температуры за период октября-февраля рассчитывались по формуле:

$$t_{\text{мин}} = 0,6 \cdot t_{\text{ср.мес.}} - 0,005 \cdot H, \quad (2)$$

где  $t_{\text{мин}}$  – абсолютный месячный минимум температуры, °C;  $t_{\text{ср.мес.}}$  – среднемесячная температура, °C; H – отметка поверхности земли, м.

Результаты расчетов минимальных месячных температур по формуле (2) представлены в таблице 4.

Таблица 4

### Минимальные месячные температуры, °C [11]

Table 4

#### Minimal monthly temperatures, °C [11]

№	Горный природно-сельскохозяйственный район (ГПСР) <i>Mountainous Natural- Agricultural Area (MNAА)</i>	Месяцы / Months				
		I	II	X	XI	XII
1	A					
	Отметка поверхности земли H = 2110 м / <i>Ground surface elevation H = 2110 m</i>	-1,4	-0,6	-0,2	-1,6	-1,8
2	B, C					
	Отметка поверхности земли H = 2300 м / <i>Ground surface elevation H = 2300 m</i>	-3,2	-2,5	-2,1	-3,3	-3,6
3	D, F					
	Отметка поверхности земли H = 2520 м / <i>Ground surface elevation H = 2520 m</i>	-5,2	-4,6	-4,3	-5,4	-5,6
4	E					
	Отметка поверхности земли H = 2660 м / <i>Ground surface elevation H = 2660 m</i>	-6,5	-6,0	-5,6	-6,6	-6,8
	Отметка поверхности земли H = 2800 м / <i>Ground surface elevation H = 2800 m</i>	-7,8	-7,2	-6,9	-7,9	-8,1

Сопоставив полученные минимальные месячные температуры с классификацией полевых культур по устойчивости к заморозкам, получили приближенную оценку возможности их повреждения в периоды отрицательных температур (табл. 5). При этом в первые месяцы года рассматривается возможность повреждения на стадии всходов, а в последние месяцы года – на стадии созревания культур. Исключение было сделано для корнеплодов (морковь, свекла), так как возможность повреждения этих культур оценивалась

для случая, когда фаза цветения приходится на октябрь.

**Континентальность климата** – это совокупность свойств климата, определяемых влиянием больших площадей суши на атмосферу и климатообразующие процессы. Основные различия в климате материков и океанов обусловлены особенностями накопления ими тепла. Перемещение воздушных масс приводит к распространению влияния океанов на климат прилегающих частей материков и к обратному воздействию материков на климат океанов.

В качестве показателя степени континентальности используется коэффициент континентальности, характеризующий годовую амплитуду температур воздуха, выраженную в процентах от среднего значения:

$$K = \frac{100 \cdot A}{0,33 \cdot \varphi},$$

где  $A$  – годовая амплитуда температуры из средних месячных значений;  $\varphi$  – широта местности.

При значениях  $K = 100\%$  влияние океанов и континентов на климат равнозначно, при  $K < 100\%$  преобладает влияние океанов, при  $K > 100\%$  преобладает влияние континентов.

Результаты расчетов коэффициентов континентальности горных природно-сельскохозяйственных районов представлены в таблице 6.

Таблица 5

### Оценка возможности повреждения и гибели полевых культур в период заморозков

Table 5

#### Assessment of the possibility of damage and death of field crops in the period of frosts

№	Степень устойчивости культур по отношению к заморозкам <i>Degree of resistance of crops to frost</i>	A					B, C					D, F				E				E											
		H = 2110 м.					H = 2300 м.					H = 2520 м.				H = 2660 м.				H = 2800 м.											
		I	II	X	XI	XII	I	II	X	XI	XII	I	II	X	XI	XII	I	II	X	XI	XII	I	II	X	XI	XII					
1	<b>Наиболее устойчивые / Most resistant</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
2	<b>Устойчивые / Resistant</b>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	<b>Малоустойчивые / Low-resistant</b>	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	<b>Неустойчивые / Nonresistant</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 6

### Континентальность климата [8-12]

Table 6

#### Continentality of climate [8-12]

№	Показатели <i>Indices</i>	Горные природно-сельскохозяйственные районы <i>Mountainous natural-agricultural regions</i>			
		A	B, C	D, F	E
1	2	3	4	5	6
1	A	7,6	6,9	6,1	5,6
2	K	155	140	125	115

По шкале классификации климата [8-10] на территории бассейна Саны выделяются два

типа континентальности климата, представленные в таблице 7.

Таблица 7

### Типы континентальности климата на территории бассейна Саны

Table 7

#### Types of the climate continentality on the territory of the Sana'a basin

№	Тип континентальности климата <i>Type of the climate continentality</i>	Коэффициент континентальности <i>Coefficient of continentality</i>	Горный природно-сельскохозяйственный район <i>Mountainous natural-agricultural region</i>
1	<b>Слабо континентальный</b> <i>Weak continental</i>	100-130	D, E, F
2	<b>Умеренно континентальный</b> <i>Temperate continental</i>	131-165	A, B, C

### Выводы

Приведенная характеристика негативных климатических явлений и континентальности климата бассейна Саны по природно-сельскохозяйственным горным районам наряду с оценкой термических и световых

ресурсов позволила на основе объективных данных определять специализацию производства, продуктивность сельскохозяйственный культур, общую биологическую продуктивность богарного земледелия при определенном уровне сельскохозяйственного производства,

особенности агротехнических, водных, химических, противозерозионных мелиораций, объем

и качество получаемой сельскохозяйственной продукции, производственные затраты.

#### Библиографический список

1. **Грингоф И.Г., Клещенко А.Д.** Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. 1. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. – 808 с.
2. **Сиротенко О.Д.** Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. 2. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Кн. 1. Математические модели в агрометеорологии. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 136 с.
3. **Лебедева В.М., Страшная А.И.** Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. 2. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Кн. 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 216 с.
4. **Грингоф И.Г., Павлова В.Н.** Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. 3. Ч. 1. Основы агроклиматологии. Ч. 2. Влияние изменений климата на экосистемы, агросферу и сельскохозяйственное производство. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. – 384 с.
5. **Хромов С.П., Петросян М.А.** Метеорология и климатология: учебник. – 7-е изд. – М.: МГУ, Наука, 2006. – 582 с.
6. **Журина Л.Л., Лосев А.П.** Агрометеорология: учебник. – СПб.: ООО «Квадро», 2012. – 368 с., ил.
7. **Глухих М.А.** Агрометеорология: Учебное пособие для вузов. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021. – 200 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/153925> (дата обращения: 09.12.2021).
8. **Шашко Д.И.** Агроклиматическая карта мира. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977.
9. **Шашко Д.И.** Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, Изд-во «Колос», 1985. – 249 с.
10. **Шашко Д.И.** Агроклиматическое районирование СССР. – М.: Изд-во «Колос», 1967. – 335 с.
11. Схема использования водных ресурсов бассейна Саны. Кн. 1. – М.: Мосгипроводхоз, 1986.
12. Схема использования водных ресурсов бассейна Саны. Кн. 5. – М.: Мосгипроводхоз, 1986.
13. **Цубербиллер Е.А.** Агроклиматическая характеристика суховея. – Л.: Гидрометеоиздат, 1959.

#### Критерии авторства

Исаев А.С. выполнил практические и теоретические исследования, на основании которых провел обобщение и написал рукопись. Имеет на статью авторское право и несет ответственность за плагиат.

Статья поступила в редакцию 15.04.2022

Одобрена после рецензирования 11.05.2022

Принята к публикации 25.05.2022

#### References

1. **Gringof I.G., Kleshchenko A.D.** Osnovy sel'skokozyajstvennoj meteorologii. T. 1. Potrebnost sel'skokozyajstvennyh kultur v agrometeorologicheskikh usloviyah i opasnye dlya sel'skokozyajstvennogo proizvodstva pogodnye usloviya. – Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MTSD», 2011. – 808 s.
2. **Sirotenko O.D.** Osnovy sel'skokozyajstvennoj meteorologii. T. 2. Metody raschetov i prognozov v agrometeorologii. – Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MTSD», 2012. – 216 s.
3. **Lebedeva V.M., Strashnaya A.I.** Osnovy sel'skokozyajstvennoj meteorologii. T. 2. Metody raschetov i prognozov v agrometeorologii. Kn. 2. Operativnoe agrometeorologicheskoe prognozirovaniye. – Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MTSD», 2012. – 136 s.
4. **Gringof I.G., Pavlova V.N.** Osnovy sel'skokozyajstvennoj meteorologii. T. 3. Ch. 2. Osnovy agroklimatologii. Ch. 2. Vliyaniye izmeneniy klimata na ekosistemy, agrosferu i sel'skokozyajstvennoye proizvodstvo. – Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MTSD», 2013. – 384 s.
5. **Khromov S.P., Petrosyan M.A.** Meteorologiya i klimatologiya: uchebnik. 7-e izd. – M.: MGU. Nauka, 2006. – 582 s.
6. **Zhurina L.L., Losev A.P.** Agrometeorologiya: uchebnik. – SPb.: ООО «Kvadro», 2012. – 368 s., il.
7. **Glukhih M.A.** Agrometeorologiya: uchebnoye posobie dlya vuzov. 3-e izd., ster. Spb: Lan, 2021. – 200 s. ISBN978-5-8114-6998-7. URL: <https://e.lanbook.com/book/153925> (data obrashcheniya: 09.12.2021). Rezhim dostupa: dlya avtoriz. polzovatelej.
8. **Shashko D.I.** Agroklimaticheskaya karta mira. – L.: Gidrometeoizdat 1977.
9. **Shashko D.I.** Agroklimaticheskie resursy SSSR. – L.: Gidrometeoizdat Izd-vo «Kolos», 1985. – 249 s.
10. **Shashko D.I.** Agroklimaticheskoye rajonirovaniye SSSR. – M.: Izd. – vo «Kolos», 1967. – 335 s.
11. Skhema ispolzovaniya vodnyh resursov bassejna Sany. Kn. 1. – M.: Mosgiprovodhoz, 1986.
12. Skhema ispolzovaniya vodnyh resursov bassejna Sany. Kn. 5. – M.: Mosgiprovodhoz, 1986.
13. **Tsuberbiller E.A.** Agroklimaticheskaya harakteristika suhoveev. – L.: Gidrometeoizdat, 1959.

#### Criteria of authorship

Isaev A.S. carried out theoretical studies, on the basis of which he generalized and wrote the manuscript. He has a copyright on the article and is responsible for plagiarism.

The article was submitted to the editorial office 15.04.2022

Approved after reviewing 11.05.2022

Accepted for publication 25.05.2022