

Оригинальная статья

УДК 502/504: 631.4

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-20-27

## ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНА САНЫ

**ИСАЕВ АНДРЕЙ СЕРГЕЕВИЧ**, инженер

andisrgau@mail.ru

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

*Целью исследования является изучение агроклиматических ресурсов бассейна Саны для обоснования продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях богарного земледелия с учетом сложившегося уровня сельскохозяйственного производства, особенностей агротехнических, водных, химических, мелиораций и противоэрозионных мероприятий. Дано понятие агроклиматических ресурсов территории. Приведена классификация сельскохозяйственных растений, разработанная исходя из климатических и экологических принципов и основанная на агроклиматических показателях, характеризующих потребность растений в тепле, освещенности и влаге. Выполнена оценка термических и световых ресурсов бассейна Саны по природно-сельскохозяйственным горным районам, имеющим относительно однородные мезоклиматические условия.*

**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 // Природообустройство. – 2022. – № 1 – С. 20-27. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-20-27.

© Исаев А.С., 2022

Original article

## ASSESSMENT OF AGRO-CLIMATIC RESOURCES OF THE SANA'A BASIN

**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 investigation is to study the agro-climatic resources of the Sana'a basin to substantiate the productivity of agricultural crops under the conditions of dry farming taking into consideration the established level of agricultural production, especially agro technical, water, chemical, reclamation anti-erosion measures. There is given a concept of agro climatic resources of the territory. The classification of agricultural plants developed on the basis of climatic and ecological principles and based on agro-climatic indicators which characterize the need of plants in heat, illumination and moisture is presented. An assessment of the thermal and light resources of the Sana'a basin was carried out for natural-agricultural mountainous regions with relatively homogeneous mesoclimatic conditions.*

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

**Format of citation:** Isaev A.S. Assessment of agro climatic resources of the Sana'a basin // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – № 1 – С. 20-27. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-20-27.

**Введение.** Основной задачей исследования является характеристика агроклиматических ресурсов бассейна Саны, определяющих специализацию производства, продуктивность сельскохозяйственной культуры, общую биологическую продуктивность богарного земледелия

при определённом уровне сельскохозяйственного производства, особенности агротехнических, водных, химических, противоэрозионных мелиораций, объём и качество получаемой сельскохозяйственной продукции, производственные затраты.

### **Понятие агроклиматических ресурсов территории [1-7].**

Интенсивность развития и урожайность сельскохозяйственных культур зависит от природных условий и, в первую очередь климата территории, определяющего тепло- и влагообеспеченность земель в период вегетации.

Климатические условия определяют специализацию производства, особенности агротехнических, водных, химических, противозерозионных мелиораций, производственные затраты и качество получаемой сельскохозяйственной продукции. Элементы климата, которые создают условия для получения сельскохозяйственной продукции составляют агроклиматические ресурсы той или иной территории.

При оценке природных ресурсов необходимо учитывать возможность реализации технологических условий производства сельскохозяйственной продукции. Поэтому, в более широком смысле, агроклиматические ресурсы – это совокупность агроклиматических факторов, определяющих продуктивность сельскохозяйственный культур и общую биологическую продуктивность богарного земледелия при определённом уровне сельскохозяйственного производства.

Для характеристики агроклиматических ресурсов бассейна Саны, следует провести оценку термических и световых ресурсов, неблагоприятных климатических явлений и континентальности климата. Сопоставление полученных агроклиматических показателей с требованиями ведущих сельскохозяйственных культур позволит определить допустимый ареал их выращивания.

### **Классификация сельскохозяйственных растений по требованиям к климатическим условиям.**

С одной стороны, для нормального роста и формирования урожая культурных растений необходимо наличие в системе почва-растение основных факторов жизнедеятельности: света, тепла, воды, воздуха и элементов питания.

С другой стороны, развитие растений, в процессе взаимодействия с окружающей природной средой, подчиняется основным законам земледелия:

1) Закон автотрофности растений – зелёные растения используют лучи солнечного света, поглощая углекислый газ из воздуха, воду и минеральные вещества из почвы, для образования органического вещества с выделением кислорода.

2) Закон минимума – урожай лимитируется фактором, находящемся в минимуме.

3) Закон максимума – урожай ограничен фактором, находящемся в избытке.

4) Закон оптимума – наибольший урожай сельскохозяйственных культур получают при оптимальных значениях факторов.

5) Закон совокупного действия факторов – наибольший урожай сельскохозяйственных культур получают при совокупном (совместном) действии факторов.

6) Закон равнозначности и незаменимости факторов – наибольший урожай сельскохозяйственных культур получают при одновременном действии всех факторов и ни один из них нельзя заменить другими.

7) Закон плодосмена – наибольшие урожаи культур получают при возделывании в севообороте.

8) Закон возврата – сколько питательных веществ растение выносит из почвы с урожаем, столько же нужно внести обратно в виде органических и минеральных удобрений.

9) Закон убывающего плодородия почвы – каждая последующая добавка какого-нибудь нового фактора в жизни растений способствует снижению урожая.

Учёт требований различных видов культурных растений к основным факторам жизнедеятельности может быть осуществлён посредством классификации культур, разработанной на основе агроклиматических и экологических показателей, характеризующих потребность растений в тепле, освещённости и влаге, опыт создания которых имеется у Г.Т. Селянинова, П.И. Колоскова, В.Н. Степанова и Д.И. Шашко.

### **В классификации В.Н. Степанова растения разделены на два типа:**

*Растения климатов умеренных широт и зимнего сезона климата субтропических широт* – развиваются в условиях смены холодного и тёплого сезонов года, при пониженной температуре в начале вегетации, повышении температуры в процессе развития растений и понижении температуры в период созревания, обладают высокой холодо- и морозостойкостью, существенно не реагируют на изменение длины дня. Оптимальное развитие растений климата умеренных широт проходит при изменяющемся режиме тепла и света, ход которого в вегетационный период может быть изображён выпуклой кривой.

*Растения климата тропических широт и летней вегетации климата субтропических широт* – развиваются в условиях высокого, мало меняющегося за вегетацию хода температуры воздуха, дают всходы при средней суточной температуре воздуха выше 10°C, неустойчивы к низким температурам с короткой световой стадией.

**Растения субтропического пояса разнородны, не образуют самостоятельного типа и, в зависимости от биологических особенностей, относятся к растениям**

умеренного или тёплого субтропического пояса:

1. Растения умеренного субтропического пояса формируются в условиях холодного сезона умеренных широт или зимнего сезона субтропиков (озимые злаки, корнеплоды), выращиваются при низких температурах начального периода вегетации, имеют высокую морозостойкость и ускоренное развитие при увеличении продолжительности светлой части суток.

2. Растения тёплого субтропического пояса формируются в условиях летнего сезона субтропического климата, который близок к климату тропических широт и характеризуются высокой выносливостью к теплу, большой чувствительностью к заморозкам, вегетация проходит при мало изменяющемся режиме тепла и ускоряется при уменьшении продолжительности светлой части суток.

На основе указанных выше признаков, виды сельскохозяйственных культур, возделываемых на территории бассейна Саны, классифицируются следующим образом:

**Классификация сельскохозяйственных культур по реакции на продолжительность светового дня:**

- растения длинного светового дня, развитие которых ускоряется при 20-24 часовом освещении (кукуруза, ячмень, картофель, лук, люцерна);
- растения короткого светового дня, развитие которых задерживается при длине светового дня свыше 10-12 часов (сорго, кукуруза, отдельные сорта лука);
- растения нейтральные, развитие которых не зависит от длины светового дня (томаты, арбуз).

В зависимости от сорта и разновидности растения длинного и короткого дня могут по-разному реагировать на длину дня и ночи.

**Классификация сельскохозяйственных культур по потребности в тепле, выраженной в сумме биологических температур.**

Потребность сельскохозяйственных культур в сумме биологических температур, приведённых к широте бассейна Саны показана в таблице 1.

Таблица 1

**Потребность сельскохозяйственных культур в сумме биологических температур, приведённых к широте бассейна Саны [11]**

Table 1

**The need of agricultural crops in the sum of biological temperatures brought to the latitude of the Sana'a basin [11]**

№	Культура <i>Crop</i>	Биологический минимум температуры, °C <i>Biological minimum of temperature, °C</i>		Биологическая сумма температур, °C <i>Biological sum of temperatures, °C</i>
		Прорастание и начало роста <i>Germination and beginning of growth</i>	Созревание <i>Maturation</i>	
1	Ячмень / <i>Barley</i>	1-2	10	1850-2100
2	Пшеница / <i>Wheat</i>	5	12	2100-2500
3	Сорго / <i>Sorghum</i>	12	12	2000-2500
4	Кукуруза / <i>Maize</i>	10	10	1800-2600
5	Картофель / <i>Potato</i>	7-8	12	1400-2400
6	Томаты / <i>Tomatoes</i>	10-12	14	1800-2000
7	Лук / <i>Onion</i>	5	18	1400
8	Люцерна / <i>Lucerne</i>	5	10	500-600
9	Виноград / <i>Grapes</i>	10	15	2100-3500
10	Арбуз / <i>Watermelon</i>	12	12	2400-3000

Данные таблицы 1 имеют следующие особенности:

Потребность растений в освещении может сильно отличаться в зависимости от географического положения, что позволяет различать растения длинного светового дня, растения короткого светового дня и нейтральные растения светового. Поэтому, в данные таблицы 1 введена поправка, учитывающая фотопериодизм растений в виде биологической реакции на продолжительность светового воздействия.

• приведённые в таблице 1 суммы биологических температур являются осреднёнными, поэтому, конкретные сорта или разновидности

сельскохозяйственных культур могут незначительно отличаться от осреднённых значений.

• суммы биологических температур сельскохозяйственных культур могут изменяться в зависимости от высоты местности, так как по мере увеличения абсолютных отметок поверхности земли увеличивается прямая солнечная радиация и, как следствие, происходит более интенсивное нагревание дневной поверхности земли.

В приведённом в таблице 1 диапазоне температур, первое число соответствует потребности в тепле раннеспелых, а второе – позднеспелых сортов сельскохозяйственных культур.

Классификация сельскохозяйственных культур по потребности в тепле, выраженной в сумме биологических температур приведена в таблице 2.

Классификация сельскохозяйственных культур по реакции на низкие температуры воздуха приведена в таблице 3.

Таблица 2

**Классификация сельскохозяйственных культур по потребности в тепле, выраженной в сумме биологических температур [11]**

Table 2

**Classification of agricultural crops by heat demand expressed in the sum of biological temperatures [11]**

№	Группа <i>Group</i>	Культура <i>Crop</i>	Биологическая сумма температур, °С <i>Biological sum of temperatures. °C</i>
1	I	<b>Картофель ранних и среднеспелых сортов, лук</b> <i>Potato of early and mid-season varieties, onion</i>	1200-1600
2	II	<b>Ячмень, картофель позднеспелых сортов, томаты</b> <i>Barley, potato of late ripening varieties, tomatoes</i>	1600-2000
3	III	<b>Пшеница, кукуруза ранних и среднеспелых сортов, сорго, виноград очень ранних сортов</b> <i>Wheat, corn of early and mid-season varieties, sorghum, grapes of very early varieties</i>	2000-2400
4	IV	<b>Кукуруза позднеспелых сортов, виноград ранних и среднеспелых сортов, арбуз</b> <i>Corn of late ripening varieties, grapes of early and mid-season varieties, water melon</i>	2400-2800
5	V	<b>Виноград ранних и среднеспелых сортов</b> <i>Grapes of early and mid-season varieties</i>	2800-3200
6	VI	<b>Виноград позднеспелых сортов</b> <i>Grapes of late ripening varieties</i>	3200-3600
7	VII	<b>Виноград позднеспелых сортов</b> <i>Grapes of late ripening varieties</i>	<b>Более 3600</b> <i>More than 3600</i>

Таблица 3

**Классификация сельскохозяйственных культур по реакции на низкие температуры воздуха [11].**

Table 3

**Classification of agricultural crops by response to low air temperatures [11]**

№	Степень устойчивости сельскохозяйственных культур по отношению к заморозкам <i>Degree of resistance of agricultural crops to frost</i>	Температура начала повреждения и гибели сельскохозяйственных культур, °С <i>Temperature of the beginning of damage and death of agricultural crops, °C</i>	Культуры <i>Crops</i>
1	<b>Наиболее устойчивые к заморозкам</b> <i>The most resistant to frost</i>	<b>Всходы / Shoots</b>	от -8 до -10
		<b>Цветение / Flowering</b>	от -1 до -2
		<b>Созревание / Maturation</b>	от -2 до -4
2	<b>Устойчивые к заморозкам</b> <i>Resistant to frost</i>	<b>Всходы °С / Shoots</b>	от -6 до -7
		<b>Цветение / Flowering</b>	от -2 до -3
		<b>Созревание / Maturation</b>	-
3	<b>Малорезистентные к заморозкам</b> <i>Low-resistant to frost</i>	<b>Всходы / Shoots</b>	-2
		<b>Цветение / Flowering</b>	от -1 до -2
		<b>Созревание / Maturation</b>	от -1 до -3
4	<b>Неустойчивые к заморозкам</b> <i>Nonresistant to frost</i>	<b>Всходы / Shoots</b>	от -0,5 до -1,5
		<b>Цветение / Flowering</b>	-0,5
		<b>Созревание / Maturation</b>	-0,5

Критические температуры повреждения винограда: распутившиеся почки 1°C, цветки –0°C.

**Термические и световые ресурсы бассейна Саны** [1-7, 11].

**Понятие теплообеспеченности растений**

Теплообеспеченность (термические ресурсы) определяет потенциальные природные ресурсы сельского хозяйства, обуславливающие набор сельскохозяйственных культур по их требованиям к теплу и продуктивности.

Термические ресурсы характеризуются: суммой климатических температур, суммой биологических температур, продолжительностью и тепловым состоянием периода вегетации.

Оценка термических ресурсов бассейна Саны производится по природно-сельскохозяйственным горным районам А, В, С, D, F, E, территории которых характеризуются

относительно однородными мезоклиматическими условиями.

**Сумма климатических температур**

Сумма климатических температур территории выражает общие ресурсы тепла и равна сумме среднесуточных температур за период с температурами, не лимитирующими развитие сельскохозяйственных растений.

Для большинства сельскохозяйственных культур, температуры, лимитирующие развитие сельскохозяйственных растений, лежат в диапазоне 5-10°C. Так как, среднесуточные температуры, определённые в центрах природно-сельскохозяйственных горных районов, в течение всего года оказались выше 10°C, то климатические температуры следует рассчитывать за весь год. Расчётные значения среднесуточных температур и сумм климатических температур воздуха выделенных природно-сельскохозяйственных горных районов приведены в таблице 4.

Таблица 4

Расчётные значения среднесуточных температур ( $t_{cp}$  °C) и сумм климатических температур ( $\sum t_k$  °C) воздуха

Table 4

Calculated values of average daily temperatures ( $t_{cp}$  °C) and sums of climatic air temperatures ( $\sum t_k$  °C)

№	ГПСР MNAR	Показатель, °C Indicator, °C	Месяцы / Months												Год
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	А	$t_{cp}$	15,3	16,6	18,2	19,5	21,1	22,0	22,2	21,8	20,9	17,3	15,0	14,6	18,7
		( $\sum t_k$ )	474	465	564	583	653	659	687	675	626	536	450	453	6825
2	B, C	$t_{cp}$	13,8	15,0	16,4	17,6	19,1	19,9	20,1	19,7	18,9	15,6	13,6	13,2	16,9
		( $\sum t_k$ )	428	420	508	528	591	598	622	610	566	487	408	409	6175
3	D, F	$t_{cp}$	12,3	13,3	14,6	15,6	16,9	17,6	17,8	17,5	16,8	13,9	12,0	11,7	15,0
		( $\sum t_k$ )	381	372	453	468	523	527	551	542	504	431	360	363	5475
4	E	$t_{cp}$	11,4	12,3	13,5	14,5	15,7	16,3	16,5	16,2	15,5	12,9	11,2	10,9	13,9
		( $\sum t_k$ )	353	344	419	434	486	488	512	501	464	400	336	338	5075

Примечание. ГПСР – горный природно-сельскохозяйственный район

Note: MNAR – mountain natural-agricultural region

Характеристика агробиоэкологических условий природно-сельскохозяйственных горных районов, в соответствии со шкалой классификации климата по теплообеспеченности растений [8-10], приведена в таблице 5 [11].

**Сумма биологических (активных) температур** [1-7, 11]

Сумма биологических температур выражает потребность растений в тепле и рассчитывается за период, ограниченный лимитирующими температурами начала и конца вегетации.

Для различных групп культурных растений, лимитирующими являются среднесуточные температуры воздуха 5, 10, 12, 15°C. Как уже указывалось, среднесуточная температура воздуха в центре природно-сельскохозяйственных районов выше 10°C. Поэтому сумма биологических

температур должна рассчитываться за период со среднесуточной температурой больше 15°C ( $\sum t_{cp} > 15^\circ\text{C}$ ). Кроме этого, для характеристики оптимальных температурных условий развития растений, следует определять суммы температур за период со среднесуточной температурой равной больше 20°C ( $\sum t_{cp} > 20^\circ\text{C}$ ). Средние суммы активных температур более 15 и 20°C с соответствующей продолжительностью продуктивных периодов приведены в таблице 6.

**Продолжительность основного периода вегетации**

Продолжительность основного периода вегетации характеризует агроклиматические условия территории и определяется продолжительностью периода вегетации с температурой воздуха выше 10°C. По данному показателю, сельское

хозяйство бассейна Саны располагает потенциальной возможностью достичь непрерывной

вегетации за счёт соответствующего подбора культур.

Таблица 5

### Характеристика агробиоэкологических условий природно-сельскохозяйственных горных районов

Table 5

#### Characteristics of agrobiocological conditions of natural and agricultural mountain regions

№	ГПСР MNAR	Возможность возделывания субтропических культур и культур умеренного пояса <i>Possibility of cultivation of subtropical crops and crops of the temperate zone</i>	( $\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ ) по шкале классификации климата[2] ( $\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ ) according to the scale of climate classification
1	Е	Возможно возделывание субтропических культур и культур умеренного пояса в холодное время года <i>Possibility of cultivation of subtropical crops and crops of the temperate zone in the cold time of the year</i>	4000-5200
2	В, С, D, F	Возможно возделывание субтропических культур и культур умеренного пояса в холодное время года, с большими возможностями повторных посевов однолетних культур <i>Possible to cultivate subtropical crops and crops of the temperate zone in the cold season, with great opportunities for re-sowing annual crops</i>	5200-6400
3	А	Возможно возделывание субтропических культур и культур умеренного пояса в холодное время года, с значительно большими возможностями повторных посевов однолетних культур <i>It is possible to cultivate subtropical crops and crops of the temperate zone in the cold season of the year, with much greater opportunities for re-sowing annual crops</i>	6600-8000

Таблица 6

### Суммы активных температур более 15 и 20°C с соответствующей продолжительностью продуктивных периодов [11]

Table 6

#### The sums of active temperatures of greater than 15 and 20°C. with the corresponding duration of the productive periods [11]

ГПСР MNAR	$t_{cp} > 15^{\circ}\text{C}$		$t_{cp} > 20^{\circ}\text{C}$	
	Сумма активных температур ( $\sum t_{cp} > 15^{\circ}\text{C}$ ) <i>Sum of active temperatures</i>	Продолжительность продуктивного периода, сут <i>Duration of the productive period, day</i>	Сумма активных температур ( $\sum t_{cp} > 20^{\circ}\text{C}$ ) <i>Sum of active temperatures</i>	Продолжительность продуктивного периода, сут <i>Duration of the productive period, day</i>
А	6370	334	3300	153
В, С	4930	273	1220	62
D, F	3115	183	-	-
Е	2451	153	-	-

#### Тепловое состояние периода вегетации

Для оценки температурных условий развития и роста растений, в разные периоды вегетации использовалась шкала оценки теплового состояния атмосферы периода вегетации по температуре наиболее тёплого месяца [8-10].

Шкала оценки теплового состояния периода вегетации применительно к бассейну Саны приведена в таблице 7 [11].

На основании шкалы оценки теплового состояния периода вегетации составлена характеристика теплового состояния периода вегетации природно-сельскохозяйственных районов бассейна Саны (табл. 8).

**Световые ресурсы** [1-7, 11]. Воздействие солнечной радиации и тепла на растения способствует их росту и формированию урожая. Поэтому сельскохозяйственное производство возможно только при определённом минимуме солнечной радиации.

Показателем световых ресурсов являются фотосинтетически активная радиация (ФАР), продолжительность солнечного сияния и освещённости.

Наблюдений за составляющими радиационного баланса на территории объекта никогда не производилось. По этой причине световые ресурсы объекта характеризуются

продолжительностью солнечного сияния, средние многолетние значения которой рассчитаны

по данным метеостанции Сана-аэропорт и приведены в таблице 8.

Таблица 7

### Шкала оценки теплового состояния периода вегетации бассейна Саны

Table 7

#### Scale for assessing the thermal state of the vegetation period of the Sana'a basin

№	Тип периода вегетации <i>Type of the period of vegetation</i>	Температура наиболее тёплого месяца, °С <i>Temperature of the warmest month, °C</i>	Подтип периода вегетации <i>Sub-type of the period of vegetation</i>	Температура наиболее тёплого месяца, °С <i>Temperature of the warmest month, °C</i>
1	Прохладный <i>Cool</i>	10,0-17,5	Очень прохладный, П1 <i>Very cool, P1</i>	10,0-12,5
			Прохладный, П2 / <i>Cool, P2</i>	12,5-15,0
			Умеренно прохладный, П3 <i>Moderately cool, P3</i>	15,0-17,5
2	Тёплый <i>Warm</i>	17,5-25,0	Умеренно тёплый, Т1 <i>Moderately warm, T1</i>	17,5-20,0
			Тёплый, Т2 / <i>Warm, T2</i>	20,0-22,5
			Очень тёплый, Т3 <i>Very warm, T3</i>	22,5-25,0

Таблица 8

### Характеристика теплового состояния периода вегетации природно-сельскохозяйственных районов бассейна Саны [11]

Table 8

#### Characteristics of the thermal state of the vegetation period of natural and agricultural areas of the Sana'a basin [11]

№	ГПСР <i>MNAR</i>	Месяцы / <i>Months</i>											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	А	Прохладный / <i>Cool</i>			Тёплый / <i>Warm</i>						Прохладный / <i>Cool</i>		
		П3	П3	Т1	Т1	Т2	Т2	Т2	Т2	Т2	Т2	П3	П2
2	В, С	Прохладный / <i>Cool</i>			Тёплый / <i>Warm</i>						Прохладный / <i>Cool</i>		
		П2	П3	П3	Т1	Т1	Т1	Т2	Т1	Т1	П3	П2	П2
3	D, F	Прохладный / <i>Cool</i>			Тёплый / <i>Warm</i>						Прохладный / <i>Cool</i>		
		П1	П2	П2	П3	П3	Т1	Т1	Т1	П3	П2	П1	П1
4	Е	Прохладный / <i>Cool</i>											
		П1	П1	П2	П2	П3	П3	П3	П3	П3	П3	П2	П1

Таблица 9

### Продолжительность солнечного сияния, час [11]

Table 9

#### Duration of sunshine, hour[11]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
9,3	9,6	8,6	8,8	9,3	9,5	7,7	7,4	9,1	9,8	9,9	9,3	9,0

Из приведённых данных следует, что по освещённости условия благоприятны для возделывания растений короткого и нейтрального дня.

### Выводы

Приведённый анализ агроклиматических ресурсов бассейна Саны, включающий оценку термических и световых ресурсов

позволил определять специализацию производства, продуктивность сельскохозяйственных культур, общую биологическую продуктивность богарного земледелия при определённом уровне сельскохозяйственного производства, особенностей агротехнических, водных, химических мелиораций и выполнения противоэрозионных мероприятий, обосновать объём и качество получаемой сельскохозяйственной продукции.

**Библиографический список**

1. **Грингоф И.Г., Клещенко А.Д.** Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том 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. Том 2. Методы расчётов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 1. Математические модели в агрометеорологии. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 136 с.
3. **Лебедева В.М., Страшная А.И.** Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том 2. Методы расчётов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 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., Петросянц М.А.** Метеорология и климатология: учебник. – 7-е изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та, Наука, 2006. – 582 с.
6. **Журина Л.Л., Лосев А.П.** Агрометеорология: учебник. – СПб.: ООО «Квадро», 2012. – 368 с., ил.
7. **Глуких М.А.** Агрометеорология: учебное пособие для вузов. 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021. – 200 с. ISBN978-5-8114-6998-7. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/153925> (дата обращения: 09.12.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. **Шашко Д.И.** Агроклиматическая карта мира. – Л.: 1977.
9. **Шашко Д.И.** Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометеиздат 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-Кн. 5. – М.: Мосгипроводхоз, 1986.
12. **Цубербиллер Е.А.** Агроклиматическая характеристика суховеев. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 119 с.

**Критерии авторства**

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

Статья поступила в редакцию: 20.12.2021 г.

Одобрена после рецензирования 21.01.2022 г.

Принята к публикации 09.02.2022 г.

**References**

1. **Gringof I.G., Kleshchenko A.D.** Osnovy selskohozyajstvennoj meteorologii. T. 1. Potrebnost selskohozyajstvennyh kultur v agrometeorologicheskikh usloviyah i opasnye dlya selskohozyajstvennogo proizvodstva pogodnye usloviya. – Obnonsk: FGBU “VNIIGMI MTSD”, 2011. – 808 s.
2. **Sirotenko O.D.** Osnovy selskohozyajstvennoj meteorologii. Tom 2. Metody raschetov i prognozov v agrometeorologii. Kniga 1. Matematicheskie modeli v agrometeorologii. – Obninsk: FGBU “VNIIGMI-MTSD”, 2012. – 136 s.
3. **Lebedeva V.M., Strashnaya A.I.** Osnovy selskohozyajstvennoj meteorologii. T. 2. Metody raschetov i prognozov v agrometeorologii. Kniga 2. Operativnoe agrometeorologicheskoe prognozirovanie. – Obninsk: FGBU “VNIIGMI-MTSD”, 2012. – 216 s.
4. **Gringof I.G., Pavlova V.N.** Osnovy selskohozyajstvennoj meteorologii. T. 3. Ch. 2. Vliyanie izmenenij klimata na ekosistemy, agrosferu i selskohozyajstvennoe proizvodstvo. – Obninsk: FGBU “VNIIGMI-MTSD”, 2013. – 384 s.
5. **Khromov S.P., Petrosyants M.A.** Meteorologiya i klimatologiya: uchebnik. – 7-e izd. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 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: uchebnoe posobie dlya vuzov. 3-e izd., ster. – SPb.: Lan, 2021. – 200 s. ISBN978-5-8114-6998-7. Tekst: elektronny // Lan: elektronno-bibliotechnaya sistema.–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.: 1977.
9. **Shashko D.I.** Agroklimaticheskie resursy SSSR.: Gidrometeoizdat Izd-vo «Kolos», 1985. – 249 s.
10. **Shashko D.I.** Agroklimaticheskoe rajonirovanie SSSR. – M.: izd. – vo «Kolos», 1967. – 335 s.
11. Skhema ispolzovaniya vodnyh resursov bassejna Sany. Kn. 1-5. – M.: Mosgiprovodhoz, 1986.
12. **Tsuberbiller E.A.** Agroklimaticheskaya harakterisistika suhoveev. – L.: Gidrometeoizdat, 1959. – 119 s.

**Criteria of authorship**

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

The article was submitted to the editorial office 20.12.2021

Approved after reviewing 21.01.2022

Accepted for publication 09.02.2022