

УДК 631.481:536.7:550.4.01 (470)

СОВРЕМЕННЫЙ БИОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КРЫМА

Ергина Е. И.¹, Смирнов В. О.², Новицкий М. Л.³, Снегур А. В.⁴, Артемова Е. А.⁵

^{1,2,4,5}Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

³Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта Российская Федерация

E-mail: ¹ergina65@mail.com, ²svo.84@mail.ru, ³maxim.novickiy@bk.ru, ⁴sneguraw@gmail.com, ⁵artemova199829@mail.ru

Приведена оценка современного биоклиматического потенциала Крымского полуострова, характеризующего тепло и влагообеспеченность агроландшафтов полуострова. Расчет показал, что на территории полуострова высокие показатели биоклиматического потенциала, но отмечаются определенные закономерности, обусловленные географическим положением территории, что определяет необходимость разработки стратегии переориентации отраслей растениеводства на производство других культур с учетом биоклиматического потенциала территории и состояния почвенных ресурсов.

Ключевые слова: климат, биоклиматический потенциал, сумма температур, осадки, карта БКП.

ВВЕДЕНИЕ

Известные общемировые тенденции изменения климата — это целый комплекс проблем, которые принято называть «глобальным потеплением», так как увеличение средней температуры на Земле вызывает целый комплекс проблем природного, социального и экономического характера. Среди которых: деградация земель, опустынивание, увеличение количества стихийных гидрометеорологических явлений, снижение урожайности, голод, нищета [2, 7, 8, 10, 11, 12]. Авторитетные источники утверждают, что за последние 100 лет глобальная температура воздуха на Земном шаре увеличилась на 0,7–0,8 °С, при скоростях 0,2–0,3 °С/10 лет [24, 25]. По данным Шестого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата, средняя глобальная годовая температура в 2021 году была примерно на 1,11 ± 0,13 °С выше среднего доиндустриального периода 1850–1900 [25]. И основной причиной этого процесса стало влияние антропогенных факторов и в первую очередь, повышение концентрации парниковых газов [1, 5, 20, 22, 25].

Процессы глобального изменения климата, напрямую влияют на динамику агроклиматических ресурсов и приобретают, наверное, наиболее ощутимые последствия в аграрной отрасли.

На территории России в силу ее физико-географических особенностей, динамика агроклиматических ресурсов в различных регионах проявляется неоднозначно. Так по прогнозам, Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), агроклиматические условия для Нечерноземья, в настоящее время, становятся более благоприятными. При этом на севере потепление более ярко выражено, чем на северо-востоке [1014]. В аридных регионах ситуация сложнее, прогрессируют процессы деградации почв и опустынивания [7, 8, 12].

Исследованию динамики агроклиматических ресурсов посвящены многочисленные работы [1, 4, 10, 16, 17, 18, 19, 20]. Скорость роста основного

агроклиматического показателя — суммы температуры воздуха за период с температурой выше 10 °С на Европейской части России достигает от 100 °С/10 лет (Приволжский ФО) до 150 °С/10 лет (Южный ФО). В Сибирском и Дальневосточном Федеральном округе эти показатели не превышают 70 °С/10 лет. В среднем для территории России оценка линейной скорости роста сумм активных температур за период глобального потепления составляет ~90 °С/10 лет [21]. Анализ показателей влагообеспеченности характеризует положительную тенденцию к росту весенних осадков практически на территории всей земледельческой зоны России. Тренды летних осадков отрицательны на большей части Европейской территории и положительны в Азиатской части России. За последние двадцать лет на преобладающей части земледельческой зоны степень засушливости растёт во все сезоны, за исключением весны [21]. Кроме того усиливается частота проявления целого ряда опасных агрометеорологических явлений: сезонных засух и волн жары, переувлажнения, периодов длительных затяжных дождей, губительных заморозков [24].

Уникальность физико-географического положения, разнообразие рельефа Крымского полуострова обусловило разнообразие почвенно-климатических ресурсов, которое позволило размещать на полуострове высокопродуктивное сельское хозяйство. Но в условиях современных климатических тенденций мы вынуждены, чаще всего руководствоваться иными управленческими решениями, основанными на точной оценке современного состояния и динамики агроклиматических ресурсов.

Закономерности динамики климата и агроклиматических ресурсов Крыма наиболее полно представлены в работах крымских ученых [3, 5, 17, 18, 26].

Для более полного представления об изменении комплекса агрометеорологических показателей целесообразно применять комплексные показатели, характеризующие тепло- и влагообеспеченность территории. Поэтому, основополагающей целью нашей работы, наряду с описанием территориальных закономерностей изменения климатических факторов, стал анализ динамики биоклиматического потенциала и комплексных показателей увлажненности территории Равнинного Крыма.

Исследование агроклиматических ресурсов применительно к конкретной территории и с учетом различных аспектов выращивания сельскохозяйственных культур представляет собой сложную задачу, так как требует учета многочисленных компонентов, которые влияют на формирование местного климата, а также особенностей произрастания сельскохозяйственных культур. Для Крыма это направление в нынешних условиях очень злободневно, ввиду как природных причин — изменения климата, так и в силу изменения условий выращивания сельскохозяйственных культур после прекращения подачи днепровской воды по Северо-Крымскому каналу. Который был основным источником водоснабжения для полей и садов в значительной части полуострова. После прекращения подачи днепровской воды в 2014 году фермеры столкнулись с серьезным дефицитом воды, что привело к снижению урожайности некоторых сельскохозяйственных культур.

Поэтому актуальными задачами агротехнологической отрасли республики Крым на сегодняшний день являются, во-первых, переориентация некоторых отраслей растениеводства на производство других культур и, во-вторых, учет биоклиматического потенциала территории и состояния почвенных ресурсов для

обеспечения стратегических задач переориентации сельского хозяйства.

Биоклиматический потенциал позволяет оценить обеспеченность широкого набора сельскохозяйственных культур основными агроклиматическими ресурсами, основные из них теплообеспеченность и влагообеспеченность, что делает его одним из основных комплексных показателей, ведь эти характеристики определяют возможности произрастания сельскохозяйственных культур на определенной территории. При разработке показателя биоклиматического потенциала (БКП) использован алгоритм, предложенный Д.И. Шашко [28]. Преимущества использования БКП связаны, прежде всего, с универсальностью данного показателя: его можно использовать для оценки условий выращивания всех основных сельскохозяйственных культур и он может быть легко адаптирован под характерные условия рассматриваемых регионов.

Целью исследования является оценка биоклиматического потенциала Крыма для определения территориальных закономерностей динамики основных его составляющих.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На начальном этапе исследования проводился анализ климатических условий региона, включающий изучение основных климатических параметров. Основу фактического информационного материала при статистическом анализе составляли архивные данные регулярных натуральных гидрометеорологических наблюдений ФГБУ «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» на протяжении периода инструментальных наблюдений на метеостанциях Крымского полуострова. Кроме того использовались метеоданные размещенные в открытом доступе [1].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Основные черты климата Крымского полуострова обусловлены физико-географическим положением и относительно небольшими размерами полуострова; притоком солнечной радиации; циркуляцией атмосферы; влиянием Черного и Азовского морей; особенностями подстилающей поверхности, а также наличием гор на юге полуострова. Для Крыма характерны большое число часов солнечного сияния, относительно мягкая зима, жаркое лето и дефицит атмосферной влаги практически на всей территории полуострова. Крым относится к числу наиболее солнечных районов России. Годовая продолжительность солнечного сияния здесь изменяется в пределах 2180–2470 часов. Максимальная продолжительность приходится на июль (320–360 часов) [4]. Средняя месячная температура воздуха в основном изменяется с севера на юг, за исключением Южного берега Крыма, где изменение происходит к востоку и к западу. Наиболее низкая среднемесячная температура воздуха в январе–феврале до $-4,0^{\circ}\text{C}$ отмечается в горных районах, а наиболее высокая, около $+5^{\circ}\text{C}$ — на Южном побережье Крыма. Максимально высоких значений в годовом ходе температура достигает в июле, среднее значение её составляет на большей части территории $+23-24^{\circ}\text{C}$, а в горах — $+16^{\circ}\text{C}$. Однако в 30–40% лет самым теплым месяцем является август. Благодаря влиянию Чёрного моря в осенний период температура воздуха намного выше, чем весной, особенно

на Южном побережье Крыма. Для Крыма характерен весьма продолжительный безморозный период, достигающий на ЮБК 240–260 дней, на Западном побережье и Керченском полуострове — 220–240 дней, в степных и предгорных районах он составляет 160–200 дней, а на вершинах гор — всего 150–160 [4]. В последние 100–120 лет температура воздуха в Крыму имеет тенденцию к повышению. На протяжении этого периода среднегодовая температура воздуха повысилась приблизительно на 1,0 °С [10, 29].

В связи со сложным строением рельефа и особенностями циркуляции атмосферы осадки распределяются очень неравномерно. Количество осадков за год изменяется по территории от 250–300 мм в степных районах до 1000 мм и более в горах, где создаются специфические условия увлажнения. Большинство районов Крыма относятся к зоне недостаточного увлажнения, особенно западное и восточное морское побережье, где осадков выпадает на 100–150 мм меньше, чем в центральных районах степи [4]. Таким образом, совместное влияние атмосферной циркуляции в Крымских горах и на Чёрном море способствует формированию зоны субтропического климата на Южном побережье [4]. Наименьшие значения осадков — на северо-западном побережье Чёрного моря и в Присивашье, наибольшие — на высокогорных поясах.

Совместное влияние тепло- и влагообеспеченности на продуктивность растений учитывают с помощью биоклиматического потенциала (БКП), относительная величина которого выражена уравнением Д.И. Шашко [20, 28]:

$$\text{БКП} = K_p \cdot \sum t > 10^\circ\text{C} / 1000 \cdot K_{\text{пм}}, \quad (1)$$

где БКП — биоклиматический потенциал;

$K_{\text{пм}}$ — переходный коэффициент;

$\sum t > 10^\circ\text{C}$ — сумма активных температур за период вегетации.

K_p — коэффициент роста по годовому показателю атмосферного увлажнения, рассчитывается как:

$$K_p = 1,51g(20Md) - 0,24 + 0,36Md - Md^2, \quad (2)$$

Коэффициент роста K_p представляет собой отношение урожайности культуры в данных условиях влагообеспеченности к максимальной урожайности в условиях оптимального увлажнения. Коэффициент Md в формуле (2) — это показатель атмосферного увлажнения, которые рассчитывается по формуле:

$$Md = \sum P / \sum (E - e), \quad (3)$$

где $\sum P$ — количество осадков за год (мм),

$\sum (E - e)$ — сумма дефицитов влажности воздуха за год

Поскольку почвенный покров Крымского полуострова характеризуется значительным разнообразием [7], в формулу БКП вводится коэффициент $K_{\text{пм}}$, который рассчитывается по формуле:

$$K_{пм} = \sum T_{п} / \sum T_{пс} , \quad (4)$$

где $\sum T_{п}$ — сумма температуры почвы на глубине 10 см (любой вид);
 $\sum T_{пс}$ — сумма температуры почвы на глубине 10 см (среднего суглинка) [28].

Для расчета суммы температуры среднего суглинка на глубине 10 см нами использовалась авторская модель зависимости температуры почвы ($T_{п}$) от содержания физической глины:

$$T_{пс} = - 0,05T_{п} + 22,8 \quad (5)$$

При анализе территориальных закономерностей распределения биоклиматических ресурсов, практически невозможно оценить биоклиматический потенциал Горного Крыма, ввиду сложных микроклиматических процессов и отсутствия агроклиматических наблюдений на метеостанциях, расположенных в горной части полуострова.

Результаты картографического моделирования показателя БКП представлены на (рис.1).

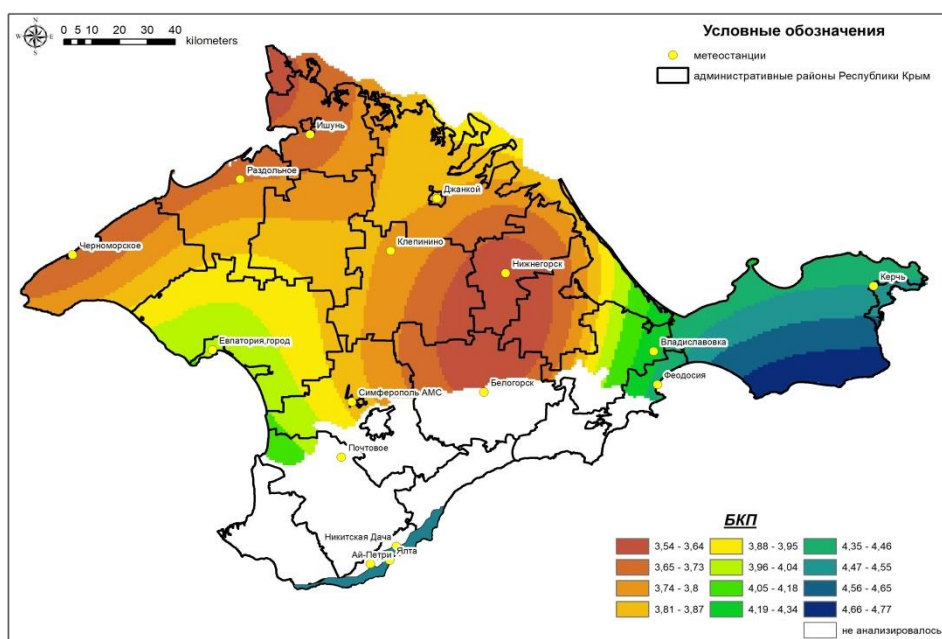


Рис. 1. Биоклиматический потенциал Крымского полуострова.

Составлено авторами.

Данная карта в целом, позволяет увидеть общие закономерности в изменении биоклиматического потенциала. Так, четко прослеживается обратная инверсионная

зональность при продвижении с севера на юг, что обусловлено наличием Крымских гор и территориальными закономерностями распределения температур и осадков. Наблюдаются отличия в БКП центральных и приморских районов, при этом в западной части полуострова потенциал БКП значительно ниже от 3,65 в Черноморском до 3,72 в Раздольном, нежели в восточной части Крыма. На Керченском полуострове его значения достигают от 4,29 на метеостанции Владиславовка до 4,46 в Керчи. В центральной части равнинного Крыма БКП изменяются от 3,79 в Клепинино до 4,02 в Евпатории, в предгорном Крыму от 3,62 в Белогорске до 4,25 в Почтовом. Южный берег Крыма характеризуется наибольшими значениями биоклиматического потенциала от 4,57 для метеостанции Никитский Сад до 5,05 в Ялте. В целом, территория Крымского полуострова характеризуется высоким биоклиматическим потенциалом. Данные исследования свидетельствуют о том, что на изменения значений БКП на территории полуострова, наибольшее влияние оказывают местные и сезонные особенности изменений температуры и количества осадков.

ВЫВОДЫ

Основные черты климата Крымского полуострова обусловлены физико-географическим положением и размерами полуострова. Основные климатообразующие факторы полуострова — приток солнечной радиации, циркуляция атмосферы, влияние Черного и Азовского морей, а также особенности рельефа. Для Крыма характерны большое число часов солнечного сияния, относительно мягкая зима, жаркое лето и дефицит атмосферной влаги практически на всей территории полуострова. Агроклиматические условия Крыма характеризуются высокими значениями сумм температур благоприятных для произрастания многих сельскохозяйственных культур, но низкими значениями влагообеспеченности. Оценка биоклиматического потенциала территории позволяет выявить регионы с благоприятными условиями для произрастания сельскохозяйственных культур. Это особенно важно в современных условиях динамики климата. А также при трансформации условий возделывания культур в постирригационных условиях. Наибольшими значениями биоклиматического потенциала характеризуются Южный берег Крыма и юго-восточные и южные районы Керченского полуострова. Высоким потенциалом обладают центральные регионы равнинного Крыма и предгорные районы главной гряды Крымских гор. Самые низкие значения биоклиматического потенциала наблюдаются на западном и северо-западном побережье равнинного Крыма. Изучение и оценка биоклиматического потенциала в современных условиях является важным направлением научных исследований. Такие работы способствуют разработке устойчивых и эффективных стратегий управления природными ресурсами региона в меняющихся условиях хозяйствования.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 24-17-20020.

Список литературы

1. Агроклиматический справочник по Автономной Республике Крым (1986–2005 гг.). Под ред. О.И. Прудко и Т.И. Адаменко. ЦГМ в АРК Симферополь 2011. 220 с.
2. Анисимов О.А. и др. Анализ индикаторов изменения климата. Часть 2. Северо-западный регион России // Метеорология и гидрология. 2020. № 1. С. 23–35.
3. Антюфеев В.В., Казиминова Р.Н., Евтушенко А.П. Агроклиматические, микроклиматические и почвенные условия в приморской полосе Южного берега Крыма. Теоретические основы и практические рекомендации для рационального размещения растений при реконструкции насаждений // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2014. № 137. С. 1–89.
4. Багрова Л.А., Боков В.А., Багров Н.В. География Крыма. К.: Лыбидь, 2001. 304 с.
5. Горбунов Р. В. и др. Изменение температуры воздуха в Крыму // Социально-экологические технологии. 2020. № 3. С. 371–383.
6. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. Климатический центр Росгидромета. Санкт-Петербург, 2017. 106 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2017/triski.pdf>
7. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. Москва, 2022. 104 с.
8. Ергина Е.И., Жук В.О. Изменения климата и опасные гидрометеорологические явления на территории Крымского полуострова // Метеорология и гидрология. 2019. № 7. С. 101–109.
9. Ергина Е.И., Горбунов Р.В., Табунщик В.А., Петлюкова Е.А. Почвенное разнообразие территории Крымского полуострова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. № 1 (217). С. 61–69 (2023).
10. Ергина Е.И., Горбунов Р.В., Щербина А.Д. Почвенные эталоны и редкие почвы Равнинного Крыма. Симферополь: Ариал, 2018. 180 с.
11. Залибеков З.Г. Аридные земли мира и их динамика в условиях современного климатического потепления // Аридные экосистемы. 2011. Том 17. № 1 (46). С. 5–13.
12. Золотокрылин А.Н. Засухи и опустынивание в суббореальных ландшафтах России // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 5. С. 64–73.
13. Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А., Титков Т.Б. Биоклиматическая субгумидная зона на равнинах России: засухи, опустынивание/деградация // Аридные экосистемы. 2018. Том 24. № 1 (74). С. 13–19.
14. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С., Духанин Ю.А., Козлов Д.Н., Баматов И.М. Глобальный климат и почвенный покров – последствия для землепользования России // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Вып. 107. С. 5–32.
15. Катцов В.М., Кобышева Н.В., Мелешко В.П. и др. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / Под ред. В.М. Катцова, Б.Н. Порфирьева. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) М.: Д'Арт: Главная физическая обсерватория, 2011. 252 с.
16. Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание. 1994. UN General Assembly. A/AC.241/27. 12 September 1994. RUSSIAN. Original: ENGLISH. [Электронный ресурс] URL: <http://www.unccd.int/fr/programmes/RioConventions/Pages/Rio-плюс-20-.aspx>.
17. Корсакова С.П. Мониторинг климатических изменений и их учет в практике виноградарства региона // Коняевские чтения. 2018. С. 173–175.
18. Корсакова С.П. Оценка будущих изменений климата на южном берегу Крыма // Экоистемы. 2018. № 15 (45). С. 151–165.
19. Матюшин Ю.А., Зубань В.В., Копченков В.Н., Арсланов А.М. Опасные гидрологические явления в Российской Федерации в 2016–2020 годах // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2021 № 1 (7). С. 67–74.
20. Мищенко З.А. Агроклиматология. К: КНТ, 2009. 358 с.

21. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство)» / под ред. А. И. Бедрицкого. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, ГЕОС. 2018. 357 с.
22. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» / Под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. Т. 2. М.: Изд-во МБА, 2019. 476 с.
23. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» / Под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. Т. 3. М.: Изд-во МБА, 2021. 820 с.
24. Павлова В.Н. Агроклиматические ресурсы и продуктивность зерновых культур в России при изменении климата в XX–XXI веках // *Метеорология и гидрология*. 2020. №. 1. С. 78–94.
25. Попова В.В. Современные изменения климата на севере Евразии как проявление вариаций крупномасштабной атмосферной циркуляции // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2018. Т. 1. С. 84–111.
26. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Борисова В.Ю. Распределение суммы температур выше 20 °С на территории Крымского полуострова // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2021. №. 69. С. 86–100.
27. Таиров Ш.М., Абдуллаев Б.Б.У. Чрезвычайные и критические изменения климата в странах центральной Азии // *Universum: технические науки*. 2020. №. 2–1 (71). С. 5–6.
28. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 658 с.
29. Ergina E.I., Zhuk V.O. Spatiotemporal Variability of the Climate and Dangerous Hydrometeorological Phenomena on the Crimean Peninsula // *Russian Meteorology and Hydrology*. Volume 44. Issue 7. pp 494–500.
30. Global Risks Report 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.weforum.org/reports> (дата обращения 01.09.2024).
31. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp.

MODERN BIOCLIMATIC POTENTIAL OF THE CRIMEA

Ergina E. I.¹, Smirnov V. O.², Novitsky M. L.³, Snegur A. V.⁴ Artemova E. A.⁵

^{1,2,4,5}*Crimean Vernadsky Federal University, Simferopol, Russian Federation*

³*Nikita Botanical Gardens, National Scientific Center of the RAS, Yalta, Russian Federation*

E-mail: ¹ergina65@mail.com, ²svo.84@mail.ru, ³maxim.novickiy@bk.ru, ⁴sneguraw@gmail.com,

⁵artemova199829@mail.ru

The main climate features of the Crimean Peninsula are determined by the physical and geographical location and relatively small size of the peninsula; the influx of solar radiation; atmospheric circulation; the influence of the Black and Azov Seas; the features of the underlying surface, as well as the presence of mountains in the south of the peninsula. The Crimea is characterized by a large number of sunshine hours, relatively mild winters, hot summers and a shortage of atmospheric moisture almost throughout the peninsula. The Crimea was one of the sunniest regions of Russia. The annual duration of

sunshine here varies between 2180–2470 hours. The maximum duration is in July (320–360 hours). The average monthly air temperature mainly varies from north to south, with the exception of the Southern coast of the Crimea, where the change occurs to the east and west. The lowest average monthly air temperature in January–February to minus 4.0 °C is observed in mountainous areas, and the highest, about plus 5 °C, is on the Southern coast of the Crimea. The temperature reaches its highest values in the annual course in July, its average value is plus 23–24 °C in most of the territory, and plus 16 °C in the mountains. However, in 30–40% of the years, August is the warmest month. Due to the influence of the Black Sea, the air temperature in autumn is much higher than in spring, especially on the Southern coast of the Crimea. The Crimea is characterized by a very long frost-free period, reaching 240–260 days on the South Caucasus, 220–240 days on the West Coast and the Kerch Peninsula, 160–200 days in steppe and foothill areas, and only 150–160 days on the mountain tops. The last 100–120 years, the air temperature in the Crimea has tended to rise. During this period, the average annual air temperature increased by approximately 1.0 °C. Due to the complex structure of the relief and the peculiarities of atmospheric circulation, precipitation is distributed very unevenly. The amount of precipitation per year varies over the territory from 250–300 mm in steppe areas to 1000 mm or more in the mountains, where specific humidification conditions are created. Most regions of the Crimea belong to the zone of insufficient moisture, especially the Western and Eastern sea coasts, where precipitation is 100–150 mm less than in the central regions of the steppe. Thus, the combined influence of atmospheric circulation in the Crimean Mountains and on the Black Sea contributes to the formation of a subtropical climate zone on the Southern coast. The lowest precipitation values are on the northwestern coast of the Black Sea and in the Prisivashye region, the highest are in the high-altitude zones.

The combined effect of heat and moisture supply on plant productivity is taken into account using the bioclimatic potential (BCP), the relative value of which is expressed by the equation of D.I. Shashko

When analyzing the territorial patterns of distribution of bioclimatic resources, it is almost impossible to assess the bioclimatic potential of the Mountainous Crimea, due to complex microclimatic processes and the lack of agro-climatic observations at weather stations located in the mountainous part of the peninsula. The results of the cartographic modeling of the BCP indicator are presented in figure 1. This map as a whole allows you to see general patterns in the change of bioclimatic potential. Thus, the reverse inversion zonality is clearly visible when moving from north to south, which is due to the presence of the Crimean Mountains and the territorial patterns of temperature and precipitation distribution. There are differences in the BCP in the central and coastal regions, while in the western part of the peninsula, the potential of the BCP is significantly lower from 3.65 in the Black Sea to 3.72 in Razdolny than in the eastern part of the Crimea. On the Kerch Peninsula, its values range from 4.29 at the Vladislavovka weather station to 4.46 in Kerch. In the central part of the plain Crimea, the BCP varies from 3.79 in Klepinino to 4.02 in Yefpatoria, in the foothill Crimea from 3.62 in Belogorsk to 4.25 in Pochtovoe. The southern coast of the Crimea is characterized by the highest values of the bioclimatic potential from 4.57 for the Nikitsky Gardens weather station to 5.05 in Yalta. In general, the territory of the Crimean Peninsula is characterized by high bioclimatic potential. The

research data indicate that changes in the values of the BCP on the territory of the peninsula are most influenced by local and seasonal features of changes in temperature and precipitation.

Keywords: climate, bioclimatic potential, sum of temperatures, precipitation, BKP map.

GRATITUDE

The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 24-17-20020.

References

1. Agroklimaticheskij spravochnik po Avtonomnoj Respublike Krym (1986–2005 gg.). Pod red. O.I. Prudko i T.I. Adamenko. CGM v ARK Simferopol' 2011. 220 s. (in Russian)
2. Anisimov O.A. i dr. Analiz indikatorov izmeneniya klimata. Chast' 2. Severo-zapadnyj region Rossii // Meteorologiya i gidrologiya. 2020. № 1. S. 23–35. (in Russian)
3. Antyufeev V.V., Kazimirova R.N., Evtushenko A.P. Agroklimaticheskie, mikroklimaticheskie i pochvennye usloviya v primorskoj polose Yuzhnogo berega Kryma. Teoreticheskie osnovy i prakticheskie rekomendacii dlya racional'nogo razmeshcheniya rastenij pri rekonstrukcii nasazhdenij //Biologiya rastenij i sadovodstvo: teoriya, innovacii. 2014. № 137. S. 1–89. (in Russian)
4. Bagrova L.A., Bokov V.A., Bagrov N.V. Geografiya Kryma. K.: Lybid', 2001. 304 s. (in Russian)
5. Gorbunov R. V. i dr. Izmenenie temperatury vozduha v Krymu //Social'no-ekologicheskie tekhnologii. 2020. № 3. S. 371–383. (in Russian)
6. Doklad o klimaticheskih riskah na territorii Rossijskoj Federacii. Klimaticheskij centr Rosgidrometa. Sankt-Peterburg, 2017. 106 s. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2017/riski.pdf>
7. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2021 god. Moskva, 2022. 104 p. (in Russian)
8. Ergina E. I., Zhuk V. O. Izmeneniya klimata i opasnye gidrometeorologicheskie yavleniya na territorii Krymskogo poluostrova //Meteorologiya i gidrologiya. 2019. № 7. S. 101–109. (in Russian)
9. Ergina E.I., Gorbunov R.V., Tabunshchik V.A., Petlyukova E.A. Pochvennoe raznoobrazie territorii Krymskogo poluostrova // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki. № 1 (217). S. 61–69 (2023). (in Russian)
10. Ergina E.I., Gorbunov R.V., Shcherbina A.D. Pochvennye etalony i redkie pochvy Ravninnogo Kryma. Simferopol': Arial, 2018. 180s. (in Russian)
11. Zalibekov Z.G. Aridnye zemli mira i ih dinamika v usloviyah sovremennogo klimaticheskogo potepleniya // Aridnye ekosistemy. 2011. Tom 17. № 1 (46). S. 5–13. (in Russian)
12. Zolotokrylin A.N. Zasuhi i opustynivanie v subboreal'nyh landshaftah Rossii // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2013. № 5. S. 64–73. (in Russian)
13. Zolotokrylin A.N., Cherenkova E.A., Titkov T.B. Bioklimaticheskaya subgumidnaya zona na ravninah Rossii: zasuhi, opustynivanie/degradaciya // Aridnye ekosistemy. 2018. Tom 24. № 1 (74). S. 13–19. (in Russian)
14. Ivanov A.L., Savin I.Yu., Stolbovoj V.S., Duhinin Yu.A., Kozlov D.N., Bamatov I.M. Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov – posledstviya dlya zemlepol'zovaniya Rossii // Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva. 2021. Vyp. 107. S. 5–32. (in Russian)
15. Katcov V.M., Kobysheva N.V., Meleshko V.P. i dr. Ocenka makroekonomicheskikh posledstvij izmenenij klimata na territorii Rossijskoj Federacii na period do 2030 g. i dal'nejshuyu perspektivu / Pod red. V.M. Katcova, B.N. Porfir'eva. Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy (Rosgidromet) M.: D'Art: Glavnaya fizicheskaya observatoriya, 2011. 252 s. (in Russian)
16. Konvenciya Organizacii Ob"edinennyh Nacij po bor'be s opustynivaniem v tekh stranah, kotorye ispytyvayut ser'eznuyu zasuhu i/ili opustynivanie. 1994. UN General Assembly. A/AC.241/27. 12 September 1994. RUSSIAN. Original: ENGLISH. [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.unccd.int/fr/programmes/RioConventions/Pages/Rio-плюс-20-.aspx>.

17. Korsakova S.P. Monitoring klimaticeskikh izmenenij i ih uchet v praktike vinogradarstva regiona // Konyaevskie chteniya. 2018. S. 173–175.
18. Korsakova S.P. Ocenka budushchih izmenenij klimata na yuzhnom beregu Kryma // Ekosistemy. 2018. № 15 (45). S. 151–165. (in Russian)
19. Matyushin Yu.A., Zuban' V.V., Kopchenov V.N., Arslanov A.M. Opasnye gidrologicheskie yavleniya v Rossijskoj Federacii v 2016–2020 godah // Aktual'nye voprosy pozharnoj bezopasnosti. 2021 № 1 (7). S. 67–74. (in Russian)
20. Mishenko Z.A. Agroklimatologiya. K: KNT, 2009. 358 s. (in Russian)
21. Nacional'nyj doklad "Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: ocenka riskov i ekologo-ekonomicheskikh posledstvij degradacii zemel'. Adaptivnye sistemy i tekhnologii racional'nogo prirodopol'zovaniya (sel'skoe i lesnoe hozyajstvo)" / pod red. A. I. Bedrickogo. M.: Pochvennyj in-t im. V.V. Dokuchaeva, GEOS. 2018. 357 s. (in Russian)
22. Nacional'nyj doklad «Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: opustynivanie i degradaciya zemel', institucional'nye, infrastrukturnye, tekhnologicheskie mery adaptacii (sel'skoe i lesnoe hozyajstvo)» / Pod red. R.S.-H. Edel'gerieva. T. 2. M.: Izd-vo MBA, 2019. 476 s. (in Russian)
23. Nacional'nyj doklad «Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: proyavleniya zasuhi, mery preduprezhdeniya, bor'by, likvidaciya posledstvij i adaptacionnye meropriyatiya (sel'skoe i lesnoe hozyajstvo)» / Pod red. R.S.-H. Edel'gerieva. T. 3. M.: Izd-vo MBA, 2021. 820 s. (in Russian)
24. Pavlova V.N. Agroklimaticheskie resursy i produktivnost' zernovyh kul'tur v rossii pri izmenenii klimata v XX–XXI vekah // Meteorologiya i gidrologiya. 2020. №. 1. S. 78–94. (in Russian)
25. Popova V.V. Sovremennye izmeneniya klimata na severe Evrazii kak proyavlenie variacij krupnomasshtabnoj atmosfernoj cirkulyacii // Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya. 2018. T. 1. S. 84–111. (in Russian)
26. Rybalko E.A., Baranova N.V., Borisova V.Yu. Raspreделение summy temperatur vyshe 20 °S na territorii Krymskogo poluostrova // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2021. №. 69. S. 86–100. (in Russian)
27. Tairov Sh.M., Abdullaev B.B.U. Chrezvychnajnye i kriticheskie izmeneniya klimata v stranah central'noj Azii // Universum: tekhnicheskie nauki. 2020. №. 2–1 (71). S. 5–6. (in Russian)
28. Shashko D.I. Agroklimaticheskie resursy SSSR. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 658 s. (in Russian)
29. Ergina E.I., Zhuk V.O. Spatiotemporal Variability of the Climate and Dangerous Hydrometeorological Phenomena on the Crimean Peninsula // Russian Meteorology and Hydrology. Volume 44. Issue 7. pp 494–500. (in Russian)
30. Global Risks Report 2017. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.weforum.org/reports> (data obrashcheniya 01.09.2024).
31. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp.

Поступила в редакцию 04.09.2024 г.