

УДК 911.52(477.75)

**ДИНАМИКА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ
В ЛАНДШАФТАХ РАВНИННОГО КРЫМА****Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Табунщик В.А., Дрыгваль А.В., Сафонова М.С.***ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, e-mail: karadag_station@mail.ru*

Изменение климата влияет на природные процессы, в том числе на количество и пространственно-временную дифференциацию атмосферных осадков. Изучение таких изменений особенно важно для равнинного Крыма в связи с засушливостью и нехваткой водных ресурсов на изучаемой территории. Увлажнение является лимитирующим фактором функционирования и развития, а также пространственно-временной динамики ландшафтов равнинного Крыма. В работе представлены результаты моделирования динамики количества выпадающих атмосферных осадков при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария для каждого ландшафтного контура на территории равнинного Крыма. На примере ключевых участков по циркуляционным эпохам и периодам показаны связь пространственно-временной изменчивости динамики среднегодового количества выпадающих атмосферных осадков, значения стандартного отклонения и факторной энтропии. Установлено, что при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария, начиная с зональной циркуляционной эпохи по четвертый период меридиональной южной циркуляционной эпохи, ландшафты равнинного Крыма характеризуются увеличением среднегодового количества выпадающих атмосферных осадков. В пределах гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней динамика поля атмосферных осадков характеризуется схожим и относительно однородным ходом. Изучение стандартного отклонения и факторной энтропии позволяет сделать вывод о формируемых ландшафтных стратегиях в условиях изменения количества атмосферных осадков в равнинном Крыму и о пространственных закономерностях распределения этих стратегий. В пределах гидроморфного ландшафтного уровня превалирует стратегия стабилизации, а в пределах плакорного ландшафтного уровня наблюдаются стратегии как развития, так и стабилизации.

Ключевые слова: равнинный Крым, осадки, изменения климата, циркуляционные эпохи и периоды, ландшафтная стратегия

DYNAMICS OF PRECIPITATION IN PLAIN CRIMEA LANDSCAPES**Gorbunov R.V., Gorbunova T.Y., Tabunshchik V.A., Drygval A.V., Safonova M.S.***A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol,
e-mail: karadag_station@mail.ru*

Climate change affects natural processes, including the amount and spatiotemporal differentiation of atmospheric precipitation. The study of such changes is especially important for the plain Crimea due to aridity and lack of water resources in the study area. Humidity is a limiting factor in the functioning and development, as well as the spatiotemporal dynamics of the plain Crimea landscapes. Paper presents results of modeling the dynamics of the amount of precipitation during the change of circulation epochs and periods of the Northern Hemisphere for each landscape contour of the plain Crimea. Using key areas, the relationship between the spatiotemporal variability of the average annual precipitation dynamics, the value of the standard deviation and the factor entropy is shown by circulation epochs and periods. It was found that with the change of circulation epochs and periods of the Northern Hemisphere, from the zonal circulation epoch to the fourth period of the southern meridional circulation epoch, plain Crimea landscapes are characterized by an increase in the average annual precipitation. Dynamics of the precipitation within the hydromorphic and upland landscape levels is characterized by a similar and relatively homogeneous course. The study of the standard deviation and factor entropy makes a conclusion about landscape strategies being formed under the conditions of changes in the amount of precipitation and about the spatial patterns of the distribution of these strategies. Stabilization strategy prevails within the hydromorphic landscape level, and within the upland landscape level, both development and stabilization strategies are observed.

Keywords: Plain Crimea, Precipitation, Climate Change, Circulation Epochs and Periods, Landscape Strategy

Изменение климата в Крыму характеризуется региональным аспектом, связанным с неравномерностью и разнонаправленностью протекающих процессов в различных его регионах, что обусловлено спецификой ландшафтной дифференциации территории полуострова. В частности, в ряде работ показана динамика элементов радиационного баланса [1–3], термического режима [4–6], элементов водного баланса [7–9] по территории Крымского полуострова. Показано,

что изменение климата в Крыму проявляется в целом в повышении температуры воздуха, росте континентальности и увеличении количества осадков, причем за счет увеличения ливневых осадков, что приводит к формированию условий для внутриландшафтной дифференциации и развитию ландшафтов на всех пространственных уровнях организации. Вместе с тем формирование ландшафтных стратегий развития или стабилизации протекает под воз-

действием всего комплекса факторов. В.Н. Петлин [10] под стратегией ландшафтной системы понимает совокупность взаимосвязанных черт, признаков и свойств ландшафтных систем, которые обеспечивают ее приспособление к изменяющимся условиям природной и антропогенно модифицированной окружающей среды и направлены на выполнение программы индивидуальной и групповой эволюции. Таким образом, можно говорить, что формируемая ландшафтная стратегия – это один из параметров реакции ландшафтов, в том числе на климатические изменения. В то же время при наличии достаточно большого количества публикаций, посвященных изучению изменения климата в Крыму, в настоящее время практически отсутствуют публикации, освещающие реакции ландшафтов на климатические изменения. Следует отметить работы [11–13], иллюстрирующие отдельные аспекты данного вопроса. Вместе с тем, прежде чем переходить к комплексным описаниям влияния изменения гидротермических условий на функционирование и динамику развития ландшафтов, необходимо рассмотреть влияние отдельных климатических характеристик.

Для территории Крымского полуострова лимитирующим фактором функционирования и развития ландшафтов, их пространственно-временной динамики является увлажнение. Исследованию водного баланса ландшафтов Крымского полуострова посвящены работы [11, 14]. В них описана межгодовая и сезонная динамика количества атмосферных осадков, приведены данные о динамике расхода рек Крымского полуострова. Ряд работ содержит результаты исследования процессов испарения и испаряемости отдельных ландшафтов Крымского полуострова [11, 15]. Вместе с тем при рассмотрении межгодовой динамики авторы часто анализируют тренды изменений, не соотнося эти изменения с глобальными циркуляционными процессами в атмосфере, которые и определяют во многом метеорологические условия и климатические характеристики отдельных регионов. Изменение же этих циркуляционных процессов иллюстрирует глобальные изменения в климатической системе и может выступать временными границами при анализе региональных проявлений изменения климата.

Основным и единственным источником поступления воды на территорию Крымского полуострова являются атмосферные осадки. Они формируют приходную часть

водного баланса ландшафтов и служат лимитирующим фактором их пространственно-временной организации. Целью данной работы является проанализировать пространственно-временную динамику количества атмосферных осадков в основных типах ландшафтов равнинного Крыма на фоне климатических изменений и выявить их роль в формировании индивидуальной ландшафтной стратегии.

Материалы и методы исследования

Крымский полуостров расположен в Восточной Европе, омывается водами Черного моря на юге и западе и водами Азовского моря на востоке и северо-востоке. Занимает площадь около 26 тыс. км². Крымский полуостров подразделяется на две крупные части – равнинную и горную. Равнины занимают большую часть полуострова в его северной и центральной части. Для равнинного Крыма характерны низменные и возвышенные равнины, а на Керченском полуострове – холмисто-грядовые равнины.

Согласно [15], на территории равнинного Крыма выделяются два ландшафтных уровня – гидроморфный и плакорный. Гидроморфный ландшафтный уровень располагается на относительных высотах до 40 м, на приморских низменностях (Присивашской, Сасык-Сакской и др.) и характеризуется плоским равнинным рельефом. Плакорный ландшафтный уровень характеризуется относительными высотами 40–150 м, имеет расчлененный долинно-балочный и денудационно-останцовый рельеф. К плакорному ландшафтному уровню относятся равнины Центрального Крыма, территория Тарханкутского полуострова и водораздельные равнины Керченского полуострова. Уровень грунтовых вод является ведущим фактором ландшафтной дифференциации ландшафтов гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней.

Операционно-территориальной единицей исследования выступают ландшафтные контуры, представленные на ландшафтно-типологической карте Г.Е. Гришанкова [15]. В качестве ключевых участков были выбраны ландшафтные контуры (табл. 1), которые отражают основные типы ландшафтов равнинного Крыма.

Операционными временными единицами исследования в работе выступают границы циркуляционных эпох и периодов Северного полушария, выявленные Б.Л. Дзердзеевским с соавторами при типизации элементарных циркуляционных механизмов [16].

Таблица 1

Характеристика выбранных ландшафтных контуров равнинного Крыма [15]

Ландшафтный уровень	Ландшафтная зона	Ландшафтный пояс / ландшафтный ярус	Ландшафт
Гидроморфный	Низменные недренированные и слабодренированные аккумулятивные и денудационные равнины с типчаково-ковыльными, полынно-типчаковыми и полынно-житняковыми степями в комплексе с галофитными степями и лугами	Пояс прибрежных недренированных низменностей, пляжей и кос с галофитными лугами, солончаками и сообществами псаммофитов	1. Аккумулятивные недренированные низменности с солончаками и галофитными лугами
		Пояс аккумулятивных и денудационных недренированных и слабодренированных низменностей с полынно-типчаковыми, полынно-житняковыми и ковыльно-типчаковыми степями	11. Аккумулятивные плоские слабодренированные равнины с полынно-житняковыми и ковыльно-типчаковыми степями
		Пояс аккумулятивных и денудационных слабодренированных равнин с ковыльно-типчаковыми и полынно-типчаковыми степями	14. Аккумулятивные плоские слабодренированные равнины с бедно-разнотравными ковыльно-типчаковыми и полынно-типчаковыми степями
		Пояс аккумулятивных дренированных и слабодренированных низменностей с ковыльно-типчаковыми степями в комплексе с ковыльно-разнотравными степями	19. Аккумулятивные дренированные слабоболнистые равнины с ковыльно-разнотравными степями в комплексе с ковыльно-типчаковыми степями
Плакорный	Типичные ковыльно-типчаковые и бедно-разнотравно-ковыльно-типчаковые степи в комплексе с петрофитными и кустарниковыми степями	Верхний денудационный ярус ковыльно-типчаковых, петрофитных и кустарниковых степей	22. Структурные денудационные водораздельные плато с ковыльно-типчаковыми и петрофитными степями
		Нижний денудационно-аккумулятивный ярус с ковыльно-типчаковыми, кустарниково-разнотравными и петрофитными степями	31. Структурные пологонаклонные денудационно-аккумулятивные равнины с ковыльно-типчаковыми степями

В типизации выделяется 41 элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ), которые различаются между собой направлением и количеством одновременных арктических вторжений (блокирующих процессов) и выходов южных циклонов на полушарии. С определенным типом ЭЦМ в каждом районе связаны характерные для этого типа ЭЦМ погодные (синоптические) условия с соответствующими метеорологическими показателями. Именно это позволяет на основании типизации циркуляционных механизмов анализировать влияние циркуляции атмосферы на формирование полей атмосферных осадков.

По направлению перемещения барических образований на Северном полушарии ЭЦМ объединены в 4 группы циркуляции [16]: зональную, нарушения зональности, меридиональную северную и меридиональ-

ную южную. Каждый ЭЦМ длится от одного до нескольких дней. Смена одного ЭЦМ другим с 1 января 1899 г. фиксируется в Календаре последовательной смены ЭЦМ [17].

В результате анализа отклонений суммарной годовой продолжительности групп циркуляции были выявлены длительные (в несколько десятилетий) периоды положительных аномалий продолжительности какой-либо группы циркуляции [16]. Эти периоды получили название циркуляционных эпох.

С 1899 г. на Северном полушарии сменились три циркуляционные эпохи (табл. 2). В работе меридиональная северная циркуляционная эпоха не рассматривалась, что связано со слабым развитием сети метеонаблюдений и сильной неоднородностью данных, не позволивших получить достоверные модели поступления осадков.

Таблица 2

Границы циркуляционных эпох Северного полушария и периодов [16]

Циркуляционная эпоха	Годы	Периоды внутри эпох	Годы
Меридиональная северная	1899–1915		
Зональная	1916–1956		
Меридиональная южная	1957–наст. время	Одновременное увеличение продолжительности меридиональных северных и южных процессов	1957–1969
		Повышенная продолжительность зональных процессов	1970–1980
		Быстрый рост продолжительности меридиональных южных процессов	1981–1997
		Уменьшение продолжительности меридиональных южных процессов и рост меридиональных северных процессов	1998–2018

В качестве исходных материалов исследования динамики поступления атмосферных осадков были использованы картографические материалы, иллюстрирующие среднегодовые суммы атмосферных осадков, полученные для каждой циркуляционной эпохи и периода Северного полушария в предыдущей работе авторов [9]. На основе этих карт были рассчитаны статистические характеристики (среднее и стандартное отклонение) поступления атмосферных осадков по ландшафтным контурам. Далее для ключевых участков рассчитывались значения абсолютной и относительной факторной энтропии количества атмосферных осадков как показателя формирования стратегий развития или стабилизации ландшафтов на фоне изменения количества осадков. Расчет абсолютной энтропии осуществлялся по формуле Шеннона:

$$E(A) = -\sum \frac{f_i}{\sum f_i} \log_2 \frac{f_i}{\sum f_i}, \quad (1)$$

где f_i – количество точек заданного класса значений; $\sum f_i$ – количество точек в контуре.

Расчет относительной энтропии важен, поскольку позволяет привести значения абсолютной энтропии к величинам от 0 до 1. Относительная факторная энтропия рассчитывалась по формуле:

$$E = E(A) / n, \quad (2)$$

где n – количество выбранных классов.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 с использованием количественного фона цветом представлены карты поступления атмосферных осадков по ландшафтным контурам Крымского полуострова, а штриховкой – значения стандартного отклонения величины атмосферных осадков для каждого ландшафтного контура.

В зональную циркуляционную эпоху (далее – ЗЦЭ) для большей части ландшафтов, расположенных на территории равнинного Крыма, характерно среднемноголетнее количество осадков в пределах от 400 мм до 500 мм. При этом выделяются ландшафтные контура (в районе Гераклеийского полуострова, северной части Тарханкутского полуострова и вдоль побережья в северной части Керченского полуострова), где в среднем за год выпадает менее 400 мм осадков.

В первом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи (далее – первый период МЮЦЭ) на Крымском полуострове наблюдается рост среднегодового количества выпадающих осадков. На большей части равнинного Крыма, на Керченском полуострове среднегодовое количество осадков составляет от 400 до 500 мм.

Во втором периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи (далее – второй период МЮЦЭ) наблюдается незначительное уменьшение среднегодового количества осадков на территории всего полуострова. На территории гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней в среднем в год выпадает от 400 до 500 мм осадков.

В третьем периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи (далее – третий период МЮЦЭ) наблюдается незначительный рост среднегодового количества выпадающих осадков в пределах горного Крыма. Низкогорный ландшафтный уровень на северном макросклоне характеризуется значениями осадков от 400 мм до 700 мм в год. Ландшафты южного макросклона Крымских гор находятся в диапазоне выпадения 500–600 мм осадков в год. В среднегорье наблюдается сглаживание в различиях между ландшафтными контурами по выпадению среднегодового количества осадков. Всего несколько ландшафтных контуров имеют значения более 1000 мм.

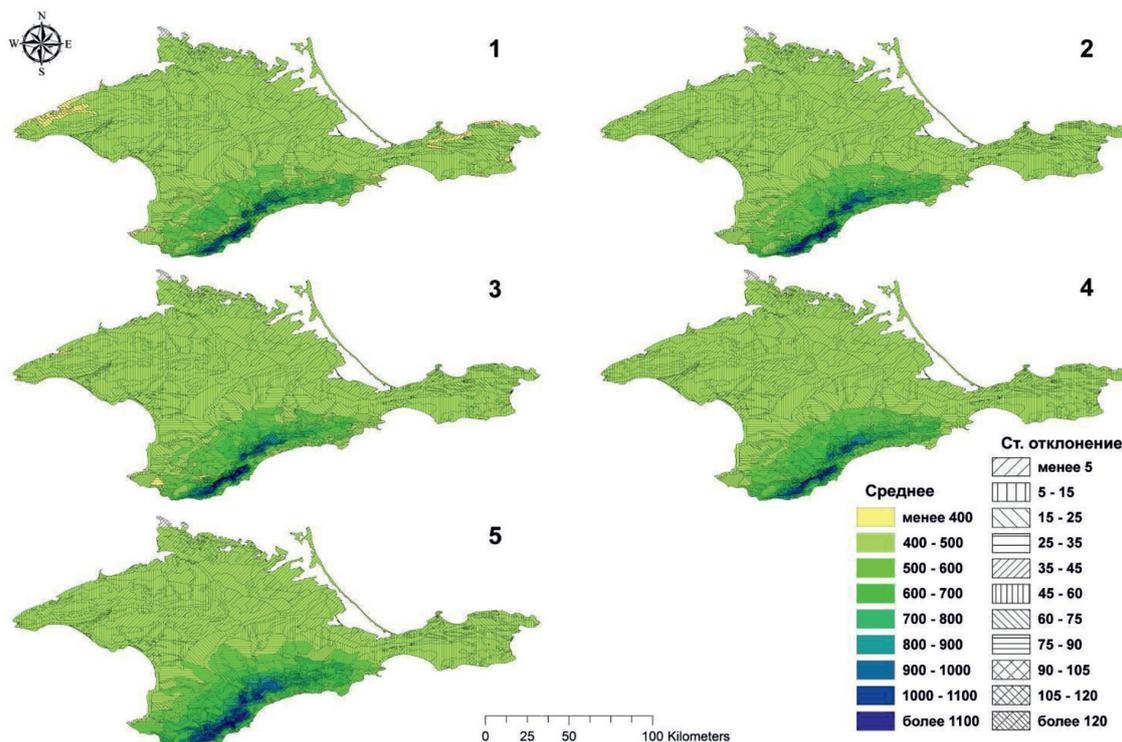


Рис. 1. Среднемноголетние значения количества осадков на Крымском полуострове и их стандартное отклонение по ландшафтным контурам в границах циркуляционных эпох и периодов Северного полушария: 1) зональная циркуляционная эпоха (1916–1956 гг.); 2) первый период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1957–1969 гг.); 3) второй период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1970–1980 гг.); 4) третий период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1981–1997 гг.); 5) четвертый период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1998–2013 гг.)

Четвертый период меридиональной южной циркуляционной эпохи (далее – четвертый период МЮЦЭ) характеризуется значительным ростом количества выпадающих осадков на территории Крымского полуострова. В пределах плакорного ландшафтного уровня, так же как и в предыдущий период, преобладают значения от 400 мм до 500 мм осадков в год.

Рассмотрим динамику значений стандартного отклонения (рис. 1) среднегодового количества осадков в пределах ландшафтных контуров по циркуляционным эпохам и периодам. В ЗЦЭ для большинства ландшафтов равнинного Крыма (гидроморфный и плакорный ландшафтные уровни) характерны низкие значения стандартного отклонения. При этом ландшафты гидроморфного ландшафтного уровня в большинстве своем имеют значения стандартного отклонения менее 5 мм. Для первого периода МЮЦЭ в целом на Крымском полуострове наблюдается уменьшение значений стандартно-

го отклонения. Второй период МЮЦЭ характеризуется увеличением стандартного отклонения для ландшафтов центральной части равнинного Крыма до 15 мм. В третьем периоде МЮЦЭ отмечается продолжение уменьшения значений стандартного отклонения по всей территории Крымского полуострова. Практически на всей территории гидроморфного ландшафтного уровня значения стандартного отклонения не превышают 5 мм, на территории плакорного ландшафтного уровня – 15 мм. Четвертый период МЮЦЭ характеризуется увеличением значений стандартного отклонения в равнинном Крыму, особенно в пределах плакорного ландшафтного уровня до 15 мм в год.

Рассмотрим динамику количества осадков по основным типам ландшафтов равнинного Крыма (рис. 2, 3).

В первую очередь обращают на себя внимание рост количества осадков в направлении от побережья к центру полуострова

и значительные различия между количеством осадков гидроморфного и плакорного ландшафтного уровней – на территории плакорного ландшафтного уровня выпадает в среднем на 100 мм больше атмосферных осадков, чем на территории гидроморфного ландшафтного уровня. Кроме того, следует отметить синхронность в динамике количества осадков для рассматриваемых ключевых участков до третьего периода МЮЦЭ. При смене зональной циркуляционной эпохи первым периодом МЮЦЭ наблюдается рост значений количества осадков во всех рассматриваемых контурах. Во втором периоде МЮЦЭ происходит снижение количества осадков и далее – рост до третьего периода МЮЦЭ, который продолжается и в четвертом периоде МЮЦЭ в пределах плакорного ландшафтного уровня. В пределах гидроморфного ландшафтного уровня четвертый период МЮЦЭ характеризуется снижением количества атмосферных осадков.

Значения стандартного отклонения также изменяются практически синхронно в пределах ландшафтных уровней, за исключением ландшафтного контура 1. Так, в ЗЦЭ на территории гидроморфного ландшафтного уровня происходят снижение значений стандартного отклонения, его рост во второй период МЮЦЭ и дальнейшее снижение до четвертого периода МЮЦЭ, который характеризуется минимальными значениями стандартного отклонения за весь период исследований. Различия между динамикой заключаются лишь в значениях амплитуд изменений по ландшафтным контурам. Особенность динамики значений стандартного отклонения у ландшафтного контура 1 заключается в резком и значительном росте значений стандартного отклонения в четвертый период МЮЦЭ на фоне снижения значений во всех рассматриваемых контурах гидроморфного ландшафтного уровня в этот период.

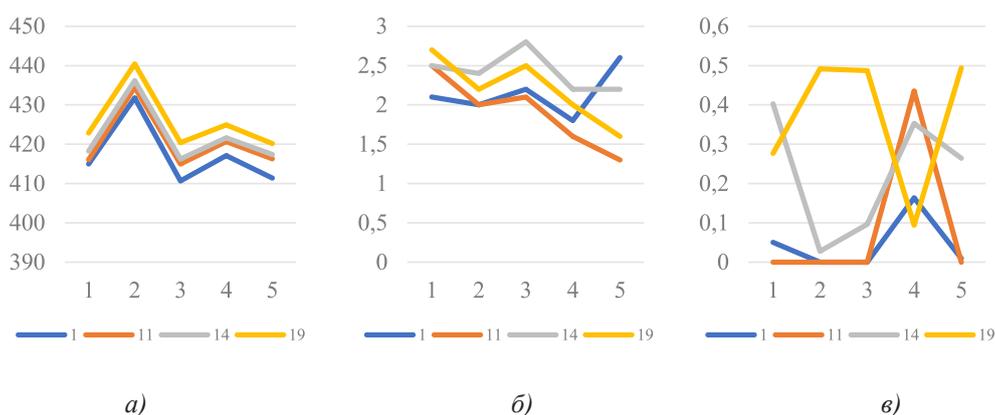


Рис. 2. Динамика среднегодового количества, мм (а), стандартного отклонения, мм (б) и факторной энтропии осадков (в) на территории гидроморфных ландшафтов по циркуляционным эпохам и периодам. Описания циркуляционных эпох и периодов (1–5) представлены на рис. 2

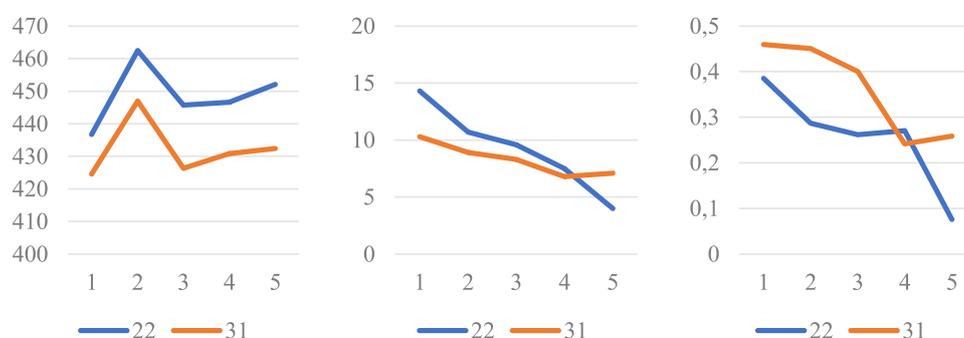


Рис. 3. Динамика среднегодового количества, мм (а), стандартного отклонения, мм (б) и факторной энтропии осадков (в) на территории плакорных ландшафтов по циркуляционным эпохам и периодам. Описания циркуляционных эпох и периодов (1–5) представлены на рис. 2

На плакорном ландшафтном уровне наблюдается постоянное снижение значений стандартного отклонения на протяжении всего периода исследования. При этом следует отметить значительное превышение значений стандартного отклонения на плакорном ландшафтном уровне по сравнению с гидроморфным ландшафтным уровнем, что объясняется более сложной геоморфологической структурой территории.

Динамика значений факторной энтропии характеризуется отсутствием синхронности по рассматриваемым ключевым участкам. Так, контур 1 характеризуется снижением значений факторной энтропии до второго периода МЮЦЭ, во время которого значения относительной факторной энтропии становятся равными нулю. Далее происходят незначительный рост значений факторной энтропии в третий период МЮЦЭ и обратное ее снижение практически до нуля в четвертый период МЮЦЭ. Такие изменения факторной энтропии даже на фоне значений стандартного отклонения, которое проявляется, по всей видимости, на периферии ландшафтного контура, позволяют сделать заключение о стабилизации ядра рассматриваемого ландшафта.

Динамика значений факторной энтропии в пределах ландшафтных контуров 11 и 14 иллюстрирует синхронность направления изменений по сравнению с контуром 1, однако амплитуда снижения значений факторной энтропии в первый период МЮЦЭ и ее роста в третий период МЮЦЭ значительно больше по сравнению с контуром 1. Кроме того, для контура 14 характерны значительно большие значения факторной энтропии по сравнению с 1-м и 11-м контурами, а также отсутствие значений, равных нулю, что закономерно и связано с усложнением текстуры ландшафтного рисунка на территории гидроморфного ландшафтного уровня в направлении к центру полуострова. Динамика значений факторной энтропии в контуре 19 характеризуется зеркальной противоположностью по сравнению с рассмотренными контурами. Так, при смене ЗЦЭ первым периодом МЮЦЭ наблюдается рост значений факторной энтропии с последующим ее снижением до третьего периода МЮЦЭ и значительным ростом в четвертый период МЮЦЭ. Таким образом, можно говорить о том, что ландшафтные контуры 11 и 14 характеризуются формированием стратегии стабилизации, а ландшафтный контур 19 – стратегии развития. Для плакорного ландшафтного уров-

ня характерно снижение значений факторной энтропии до третьего периода МЮЦЭ. В четвертом периоде МЮЦЭ наблюдаются рост значений факторной энтропии в контуре 31, что на фоне роста стандартного отклонения говорит о формировании стратегии развития, и значительное снижение значений факторной энтропии в контуре 22, что на фоне снижения значений стандартного отклонения позволяет делать вывод о формировании стратегии стабилизации.

Заключение

Таким образом, на основе пространственных моделей количества осадков в Крыму, рассчитанных для каждой циркуляционной модели и периода Северного полушария, были рассчитаны значения среднегодового количества осадков и их стандартного отклонения для каждого ландшафтного контура равнинного Крыма. Выявлены закономерности их пространственно-временной дифференциации. Показано, что для всех ландшафтов Крымского полуострова характерно увеличение количества атмосферных осадков при неоднородности изменения величин стандартного отклонения.

Для основных типов ландшафтов равнинного Крыма показаны пространственное распределение и изменчивость среднегодовых значений количества осадков по циркуляционным эпохам и периодам, стандартного отклонения температуры воздуха и факторной энтропии. В равнинном Крыму в пределах ландшафтов гидроморфного ландшафтного уровня после ЗЦЭ наблюдается резкий рост среднегодового значения количества осадков в первом периоде МЮЦЭ, который во втором периоде МЮЦЭ сменяется значительным снижением, незначительным ростом в третьем периоде МЮЦЭ и снижением в четвертом периоде МЮЦЭ. В пределах плакорного ландшафтного уровня наблюдается похожая картина, за исключением того, что в третьем и четвертом периодах МЮЦЭ наблюдается рост количества выпадающих осадков.

Анализ стандартного отклонения и факторной энтропии для выбранных ключевых участков равнинного Крыма позволяет утверждать, что в пределах гидроморфного ландшафтного уровня превалирует стратегия стабилизации (контуры 1, 11, 14), и только в одном контуре (19) – стратегия развития. В пределах плакорного ландшафтного уровня наблюдается стратегия как развития (контур 22), так и стабилизации (контур 31).

Список литературы / References

1. Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects: Working group II contribution to the IPCC's Fifth Assessment Report / Eds: V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, L.L. White. – Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014. 688 p.
2. An indicator-based report: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. Copenhagen, Denmark: European Environmental Agency, 2017. Chap. 3. 419 p.
3. Global warming of 1.5°C: IPCC special report. – The Intergovernmental Panel of Climate Change, 2018: site. [Electronic resource]. URL: <https://www.ipcc.ch/sr15/> (date of access: 10.08.2021).
4. Лемешко Н.А., Евстигнеев В.П., Наумова В.А. Изменения температуры воздуха на Азово-Черноморском побережье и на полуострове Крым // Вестник Санкт-Петербургского университета, Серия геология и география. 2014. Т. 2014. № 4. С. 131–143.
- Lemeshko N.A., Evstigneev V.P., Naumova V.A. Air temperature changes on the Azov-black sea coast and the Crimea peninsula // Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta, Seriya Geologiya i Geografiya. 2014. V. 2014. № 4. P. 131–143. (in Russian).
5. Кононова Н.К. Циркуляция атмосферы в Европейском секторе Северного полушария в XXI веке и колебания температуры в Крыму // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. Вып. 1. С. 633–639.
- Kononova N.K. Atmospheric circulation in the European sector of the Northern hemisphere in the XXI century and temperature fluctuations in Crimea // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2014. Vol. 10. Is. 1. P. 633–639 (in Russian).
6. Федоров В.М., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Кононова Н.К. Многолетняя изменчивость температуры воздуха на Крымском полуострове // География и природные ресурсы. 2017. Т. 38. Вып. 1. С. 86–92.
- Fedorov V.M., Gorbunov R.V., Gorbunova T.Yu., Kononova N.K. Long-term air temperature variability on the Crimean Peninsula // Geography and Natural Resources. 2017. Vol. 38. Is. 1. P. 86–92. (in Russian).
7. Вышкваркова Е.В., Воскресенская Е.Н. Пространственное распределение экстремальных осадков на территории Крымского полуострова // Системы контроля окружающей среды. 2014. № 20. С. 136–139.
- Vyshkvarkova E.V., Voskresenskaya E.N. The spatial distribution of extreme precipitation in the territory of the Crimean Peninsula // Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy. 2014. № 20. P. 136–139 (in Russian).
8. Нестеренко В.П. Закономерности формирования климатических изменений и их прогноз на территории Крыма // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 18 (239). С. 115–122.
- Nesterenko V.P. Regularities of climatic changes formation and their forecast on the territory of Crimea // Nauchnyye ведомosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2016. Vol. 18. P. 115–122 (in Russian).
9. Gorbunov R., Gorbunova T., Kononova N., Priymak A., Salsnikov A., Drygval A., Lebedev Ya. Spatiotemporal aspects of interannual changes precipitation in the Crimea. Journal of Arid Environments. 2020. Vol. 183. P. 104280.
10. Петлін В.М. Стратегія ландшафту. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. 288 с.
11. Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX – начале XXI века / под ред. д.г.н., проф. В.А. Бокова. Симферополь: ДОЛЯ, 2010. 304 с.
- Transformation of landscape-ecological processes in Crimea in the XX – beginning of XXI century / pod red. d.g.n., prof. V. A. Bokova. Simferopol': DOLYA, 2010. 304 p. (in Russian).
12. Трансформация водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века / под ред. д.г.н., проф. В.А. Бокова. Симферополь: Крымский научный центр, 2011. 27 с.
- Transformation of water balance in the Crimea in the XX century – the beginning of XXI century / pod red. d.g.n., prof. V.A. Bokova. Simferopol': Krymskiy nauchnyy tsentr, 2011. 27 p. (in Russian).
13. Зуев А.В., Летухова В.Ю., Зуева Е.А. Климатические изменения как фактор трансформации растительного покрова на примере Карадагского ландшафтно-экологического стационара // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. 2020. Вып. 1 (13). С. 77–98.
- Zuev A.V., Letukhova V.JU., Zueva E.A. Climate change as a factor of the vegetation transformation on the example of the Karadag landscape-ecological stationary // Trudy Karadagskoy nauchnoy stantsii im. T.I. Vyazemskogo – prirodnoy zapovednika RAN. 2020. Vol. 1 (13). P. 77–98 (in Russian).
14. Тимченко З.В. Гидрография и гидрология рек Крыма. Симферополь: ДОЛЯ, 2010. 260 с.
- Timchenko Z.V. Hydrography and hydrology of Crimean rivers. Simferopol': DOLYA, 2010. 260 p. (in Russian).
15. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / под ред. Е.А. Позаченюк. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.
- Modern landscapes of Crimea and adjacent water areas / pod red. Ye.A. Pozachenyuk. Simferopol': Biznes-Inform, 2009. 672 p. (in Russian).
16. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология. М.: Гидрометиздат. 1946. Вып. 21. 80 с.
- Dzardzeevsky B.L., Kurganskaya V.M., Vitvitskaya Z.M. Typification of circulation mechanisms in the Northern hemisphere and characteristics of synoptic seasons // Tr. n.-i. uchrezhdeniy Gl. upr. gidrometeorol. sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR. Ser. 2. Sinopticheskaya meteorologiya. M.: Gidrometizdat. 1946. Vol. 21. 80 p. (in Russian).
17. Данные. Колебания циркуляции атмосферы северного полушария в XX – начале XXI века. [Электронный ресурс]. URL: <https://atmospheric-circulation.ru/datas/> (дата обращения: 17.08.2021).
- Data. Fluctuations of atmospheric circulation in the Northern Hemisphere XX – early XXI century [Electronic resource]. URL: <https://atmospheric-circulation.ru/datas/> (date of access: 17.08.2021) (in Russian).