

**М.А. Аскарова<sup>1\*</sup>**, **Ал.А. Медеу<sup>2</sup>**  
**Айг. Медеу<sup>2</sup>**, **А.Н. Мусагалиева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Институт географии и водной безопасности, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: mauken@mail.ru

## **АДАПТИВНАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ КАЗАХСТАНА**

В работе, согласно сценариям климатологов, показано, что отсутствие изменений в суммах осадков и повышение среднегодовой приземной температуры воздуха на суше будут способствовать аридизации и опустыниванию территории Казахстана в условиях глобального потепления. В связи с этим, климатическое опустынивание будет способствовать смещению зоны недостаточного увлажнения и увеличению зоны пустынных и полупустынных районов. Представлен прогноз снижения урожайности зерновых культур в этих условиях, что является угрозой для экологической и продовольственной безопасности Казахстана. Целью исследования является анализ воздействия климатических изменений на сельскохозяйственное производство и состояние водных ресурсов РК и разработка адаптивной модели влияния изменения климата на природно-хозяйственные системы.

Приведен анализ состояния водных ресурсов как наиболее уязвимого компонента для страны при изменении климатических условий. Показано, что в этих условиях в Республике проводятся адаптационные мероприятия, направленные на снижение климатических рисков и на извлечение потенциальных выгод от изменения климата.

В работе представлена авторская методика адаптивной модели влияния изменения климата на природно-хозяйственные системы, которая основывается на методах математической статистики и вероятностного анализа. Уровни адаптации интерпретируются в соответствии с индексом: при возрастании показателя возрастает и степень влияния на природно-хозяйственные системы. Модель имеет высокий потенциал использования при прогнозировании изменения климата в пределах территориально ограниченных природно-хозяйственных систем. Предложенные рекомендации по адаптации к изменению климата могут найти применение при разработке государственных программ по управлению природно-климатическими рисками.

**Ключевые слова:** изменение климата, сельское хозяйство, водные ресурсы, адаптивная модель.

M.A. Askarova<sup>1\*</sup>, Al.A. Medeu<sup>2</sup>, Aig. Medeu<sup>2</sup>, A.N. Mussagaliyeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National university, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Institute of geography and water security, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: mauken@mail.ru

### **Adaptive model of the impact of climate change on natural and economic systems of Kazakhstan**

In the work, according to the scenarios of climatologists, it is shown that the absence of changes in the amount of precipitation and an increase in the average annual surface air temperature on land will contribute to aridization and desertification of the territory of Kazakhstan under conditions of global warming. In this regard, climatic desertification will contribute to the displacement of the zone of insufficient moisture and an increase in the zone of desert and semi-desert regions. A forecast of a decrease in the yield of grain crops in these conditions is presented, which is a threat to the environmental and food security of Kazakhstan. The aim of the research is to analyze the impact of climate change on agricultural production and the state of water resources in the Republic of Kazakhstan and to develop an adaptive model of the impact of climate change on natural and economic systems.

The analysis of the state of water resources as the most vulnerable component for the country under changing climatic conditions is presented. It is shown that under these conditions, adaptation measures are carried out in the Republic aimed at reducing climatic risks and at deriving potential benefits from climate change.

We have proposed an adaptive model of the impact of climate change on natural and economic systems, which is based on the methods of mathematical statistics and probabilistic analysis. The levels of adaptation are interpreted in accordance with the index: with an increase in the indicator, the degree of influence on natural and economic systems also increases. The model has a high potential for use in predicting climate change within geographically limited natural and economic systems. The proposed recommendations for adaptation to climate change can find application in the development of state programs for the management of natural and climatic risks.

**Key words:** climate change, agriculture, water resources, adaptive model.

М.А. Аскарова<sup>1\*</sup>, Ал.А. Медеу<sup>2</sup>, Айг. Медеу<sup>2</sup>, А.Н. Мусағалиева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>География және су қауіпсіздігі институты, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: mauken@mail.ru

### Қазақстанның табиғи-шаруашылық жүйелеріне климаттық өзгерістердің әсерінің адаптивті моделі

Жұмыста, климатологтардың сценарийлеріне сәйкес, жауын-шашын мөлшерінің өзгермеуі және жер бетіндегі ауаның орташа жылдық температурасының көтерілуі жаһандық жылыну жағдайында Қазақстан аумағының құрғауы мен шөлейттенуіне ықпалы көрсетілген. Осыған байланысты климаттық шөлейттену ылғалдың жеткіліксіз аймағының ауысуына және шөлді және жартылай шөлді аймақтардың көбеюіне ықпал етеді. Осы жағдайларда дәнді дақылдар өнімділігінің төмендеуі туралы болжам ұсынылған, бұл Қазақстанның экологиялық және азық-түлік қауіпсіздігіне қауіп төндіреді. Зерттеудің мақсаты – Қазақстан Республикасындағы ауылшаруашылық өндірісіне және су ресурстарының жағдайына климаттың өзгеруінің әсерін талдау және климаттың табиғи-экономикалық жүйелерге әсер етуінің адаптивті моделін жасау болып табылады.

Су ресурстарының жай-күйіне талдау климаттық жағдайлардың өзгеруі жағдайындағы ел үшін ең осал компонент ретінде ұсынылған. Осы жағдайларда республикада климаттық тәуекелдерді азайтуға және климаттың өзгеруінен ықтимал пайда алуға бағытталған бейімделу шаралары жүргізіліп жатқандығы көрсетілген.

Климаттың өзгеруінің табиғи және экономикалық жүйелерге әсер етуінің математикалық статистика мен ықтималдық талдау әдістеріне негізделген адаптивті моделі ұсынылды. Бейімделу деңгейлері индекске сәйкес: индикатордың жоғарылауымен табиғи және экономикалық жүйелерге әсер ету дәрежесі де артады. Модель географиялық шектеулі табиғи және экономикалық жүйелер шеңберінде климаттың өзгеруін болжауда қолдану үшін жоғары әлеуетке ие. Климаттың өзгеруіне бейімделуге арналған ұсыныстар табиғи-климаттық тәуекелдерді басқарудың мемлекеттік бағдарламаларын әзірлеу кезінде қолдануға болады.

**Түйін сөздер:** климаттың өзгеруі, ауыл шаруашылығы, су ресурстары, адаптивті модель.

## Введение

Изменение климата в данное время является одной из актуальных и важных экологических проблем антропогенного и природного характера, который воздействует на все сферы жизни общества любого государства и его устойчивого развития. Проявления последствий климатических изменений зависит и от географической особенности расположения стран. Казахстан – страна с аридным климатом, так как находится в таких природных зонах, как степи, сухие степи, полупустыни и пустыни. Такое географическое положение указывает на чувствительность территории к изменению климата. В отношении морских экосистем установлено, что наиболее губительно воздействует на морские организмы потепление ак-

ватории и увеличение кислотности морской воды из-за роста выбросов углекислого газа в атмосферу. (Lacoue-Labarthe, 2016: 1; Hoegh-Guldberg, O., 2017: 261) Сельское хозяйство, которое уже сталкивается с проблемами повышенного спроса на продовольствие, как считают исследователи, серьезно пострадает от изменения климата. По мнению исследователей (Chen J., 2017: 69; Bozzola M., 2018: 1; Karimi V., 2018: 1), воздействие изменений климата, как повышение температуры, изменение формы осадков, экстремальные погодные явления, обостряют давление на экосистему сельского хозяйства во всем мире. В качестве предложений рекомендуется необходимость и важность повышения адаптационного потенциала сельского хозяйства и снижения уязвимости к изменению климата (Prasad R., 2017: 329).

*Цель наших исследований* показать воздействие климатических изменений на сельскохозяйственное производство и состояние водных ресурсов РК и предложить адаптивную модель влияния изменения климата на природно-хозяйственные системы.

*Влияние климатических факторов на природно-хозяйственные системы*

Как показали исследования (Оценочный доклад об изменении климата, 2014), вследствие климатической чувствительности территории за последнее столетие потепление составило 1,37°C, тогда как среднее мировое потепление, согласно Пятому оценочному докладу МГЭИК, – 0,85°C (Пятый Оценочный Доклад МГЭИК, 2013). Предложенные ими прогнозы климатических изменений на территории Республики на 2030, 2050 и 2085 годы приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Прогнозные сценарии изменения климата в Казахстане

Сценарии изменения климата	2030 г.	2050 г.	2085 г.
A1B	1,7 <sup>0</sup> C	2,9 <sup>0</sup> C	4,1 <sup>0</sup> C
B1	1,6 <sup>0</sup> C	2,1 <sup>0</sup> C	2,7 <sup>0</sup> C
A2	1,8 <sup>0</sup> C	2,6 <sup>0</sup> C	4,7 <sup>0</sup> C

Источник: 9

Согласно этим сценариям (Долгих С.А., 2013: 133), повышение температуры воздуха связано с увеличением концентрации парниковых газов в разные сезоны года. Более повышенные температуры будут наблюдаться в зимнее и летнее время, тогда как на северных областях – в весенний период, что обычно сопровождается высушиванием почвы, то есть потерей влаги почвой до появления всходов зерновых. Это приводит к гибели всходов и в дальнейшем к низкой продуктивности зерновых культур. Относительно осадков, по данным климатологов, прогнозируется их уменьшение с мая по сентябрь и увеличение в зимнее время года.

Такие климатические изменения будут способствовать дальнейшей аридизации территории, когда уже возможность использования таких земель под земледелие теряется и в конечном итоге этот процесс приводит к опустыниванию.

*Роль климатических факторов в опустынивании территории.* Опустынивание обуслов-

лено двумя большими группами факторов – антропогенным и природным. Среди природных факторов климатический играет важную роль и является обширным. К климатическим факторам опустынивания относятся метеорологические параметры и явления, такие как необычно высокие и необычно низкие температуры воздуха, отсутствие осадков, ранние заморозки, сильные ветры, сухие ветры, засухи. Чтобы иметь возможность оценить влияние климатических факторов на опустынивание, учитывается средняя засуха за год, а также отдельные критические периоды для растений, как заморозки, проливные дожди, град, снег в начале вегетационного периода. После таких экстремальных погодных явлений растительный покров не восстанавливается в своем прежнем составе даже при установлении оптимальных условий. Подавление и гибель растений происходят, когда экстремальные климатические условия сочетаются с почвами, неустойчивыми к опустыниванию (например, с небольшим гранулометрическим составом, засолением и щелочью), с глубокими грунтовыми водами, недостатком питательных веществ и загрязнением, а также техногенной деградацией почв.

Опустынивание в Казахстане затрагивает не только засушливые и субаридные районы, но и сухие субгумидные районы, такие как лесостепи и луговые степи. В связи с тем, что большая часть сельскохозяйственной продукции Казахстана производится в сухих и засушливых регионах, опустынивание этих регионов связано с проблемой продовольственной безопасности в стране.

Основным естественным фактором, способствующим развитию процессов опустынивания в Казахстане, является внутреннее расположение страны, определяющее континентальный и засушливый климат, дефицит и неравномерное распределение водных ресурсов, а также повсеместное распространение песков (до 30 млн га) и солончаков (127 млн га) (Есимова К.А., 2012). Предпосылкой к опустыниванию является также слабое формирование почвенно-растительного покрова и их динамичность. Условия для развития процессов деградации земель создаются также при нарушении сезонных характеристик почвообразования под влиянием засух. Засуха – самая распространенное и опасное явление в сельскохозяйственных регионах. Согласно результатам исследований (Байшоланов С.С., 2010: 27-38), это одно из неблагоприятных агрометеорологических явлений, которое привело к значи-

тельной или полной гибели растений в период 2005-2010 гг., когда атмосферная и почвенная засуха составила 80%. Большая часть равнинной территории засушлива, но эпизодически засухи наблюдаются по всей республике. Определили, что вероятность засухи на преобладающей территории Казахстана составляет 16%, то есть она повторяется раз в 7 лет.

Все эти данные свидетельствуют, что процессы опустынивания могут усилиться за счет повышения засушливости климата. Это, в свою очередь, может привести к сдвигу границ увлажненных зон, что в конечном итоге будет способствовать увеличению площади пустынь.

Таким образом, смещение зоны недостаточного увлажнения и увеличение зоны пустынных и полупустынных районов будут способствовать расширению и развитию процессов опустынивания, сокращению посевных площадей, снижению урожайности зерновых культур, и поэтому представляют большую угрозу для экологической и продовольственной безопасности страны.

*Изменения климата и сельское хозяйство.* Климатические условия определяют особенности ведения сельского хозяйства в Казахстане. В северных и центральных областях развито неполовое земледелие, на юге – орошаемое. Однако, погодные условия не всегда благоприятны для хозяйственной деятельности из-за таких опасных явлений, как засуха, суховеи, заморозки, пыльные бури и гололед. Повторяемость засух возрастает с севера на юг.

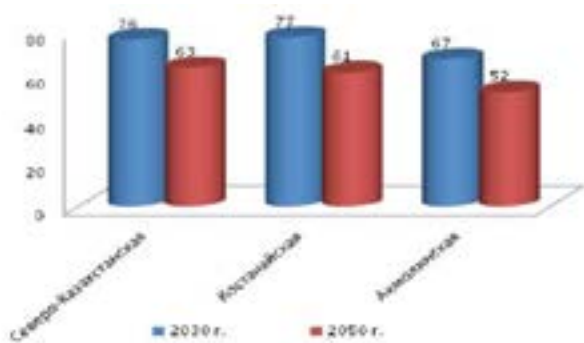
Согласно исследованиям специалистов (Кожаметов П.Ж., 2014: 287-295), период активной вегетации большинства сельскохозяйственных культур приходится на дни со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C. Рост и развитие растений зависят от продолжительности этого периода и поступления тепла. Такой период в республике составляет от 4-х до 7 месяцев на юге Казахстана, поэтому здесь за вегетационный период убирают по два урожая бахчевых культур.

Поэтому важными агроклиматическими ресурсами территории являются показатели теплового режима и режима влажности вегетационного периода. Для выявления тенденции изменения агроклиматических ресурсов были рассчитаны прогнозные значения некоторых показателей тепло- и влагообеспеченности территории для климатических условий на 2030 и 2050 годы по сценариям изменения климата А1, В и А2 (Байшоланов, 2017). Для определения изменений влагообеспеченности сельскохозяйственных

культур анализировалось количество осадков за вегетативно-активный период (май-август) и за весь год. Пришли к выводу, что к 2030 году влагообеспеченность сельскохозяйственных культур несколько ухудшится в связи с усилением засушливости климата. Прогнозные расчеты на 2050 год показали, что на территории Казахстана ожидается небольшое увеличение количества зимних осадков при незначительном уменьшении количества осадков летом, что может привести к ухудшению влажностного режима в период вегетации. Эти ожидаемые изменения показателей тепло- и влагообеспеченности могут способствовать сдвигу зон тепла и влаги в сторону северных широт. В результате трансформации зон влажности некоторые районы перейдут из районов выращивания зерна на более низкие уровни влажности в 2050 году. Такое смещение слабозасушливой зоны к северу может привести к сокращению посевных площадей под яровые культуры, и их возделывание в некоторых районах становится менее перспективным (Байшоланов, 2017).

По оценкам экспертов (Байшоланов С.С., 2010: 27-38; Кожаметов П.Ж., 2014: 287-295; Байшоланов, 2017), в условиях ожидаемого климата к 2030 г. урожайность яровой пшеницы в регионах в среднем составит 67-77% от их среднесреднего уровня (1971-2010 гг.). Это означает, что при сохранении нынешнего уровня продуктивности сельхозкультур (средний за 1971-2010 годы) под воздействием климатических изменений урожайность зерна к 2030 году снизится на 23-33%. Относительно урожайности яровой пшеницы в условиях 2050 г. прогнозируют, что будет в среднем по регионам 52-63% от их среднесреднего уровня (1971-2010 гг.). При сохранении сегодняшнего уровня агротехники и технологии возделывания к 2050 году урожай зерна снизится на 37-48% (рис. 1). Ожидаемые климатические изменения, таким образом, приведут к уменьшению влагообеспеченности пахотных культур, увеличению засушливости климата, смещению зон влажности в сторону северных широт и снижению урожайности зерновых культур.

Как видно, увлажненность наряду с температурными факторами является основным показателем изменения климата, так как от нее зависит обеспеченность водными ресурсами сельского хозяйства и населения. Поэтому, одним из важных аспектов при изучении климатических изменений является вопрос о состоянии водных ресурсов Казахстана.



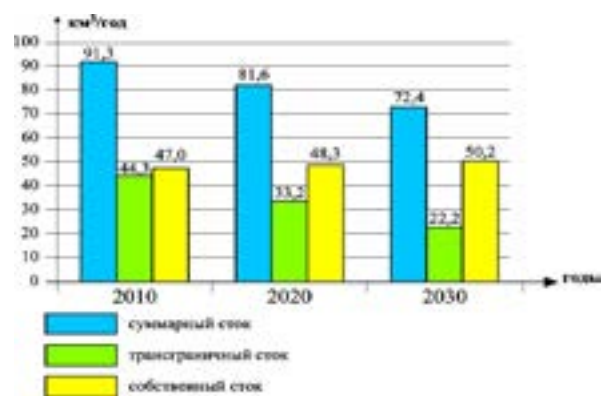
**Рисунок 1** – Прогнозируемая на 2030 и 2050 годы средняя по областям урожайность яровой пшеницы (в % от современного уровня) (Байшоланов С.С., 2010: 27-38)

*Изменение климата и водные ресурсы.* Учитывая, что большая часть территории Казахстана занята пустынной и полупустынной территорией, многие секторы экономики, особенно сельское хозяйство и управление водными ресурсами, в значительной степени чувствительны для наблюдаемых отклонений трансформации климата. В целом изменения климата оказывают значительное влияние на водные ресурсы Казахстана, делая климат в сельскохозяйственных регионах более сухим. Спрос на воду растет – для орошения сельскохозяйственных полей, для промышленности, так и в соседних странах. В то же время эффективность потребления водных ресурсов в Казахстане очень низкая из-за устаревших технологий орошения и неудовлетворительной практики водопользования. Некоторые водно-хозяйственные бассейны уже страдают от острой нехватки воды, и большая часть орошаемых земель испытывает дефицит. Ожидается, что проблема нехватки воды значительно обострится в течение следующих двух десятилетий из-за неэффективного использования водных ресурсов и практически может уничтожить сельское хозяйство.

Для решения проблемы ожидаемого дефицита пресной воды принята Государственная программа по управлению водными ресурсами Республики Казахстан на 2014-2040 годы (Государственная программа управления водными ресурсами Казахстана, 2014). В ней ставится цель – обеспечение водной безопасности Республики Казахстан.

По вопросам водной безопасности специалистами Института географии и водной безопасности проведен большой объем исследований (Медеу А.Р., 2012), в которых дана оценка и прогноз водных ресурсов с учетом изменения климата и экономической активности, разработаны

сценарии прогнозов водоснабжения и предложены решения. Показано, что в связи с дальнейшим повышением температуры приземного воздуха повысится среднемноголетнее количество осадков, а именно в результате таяния ледников. Сценарии прогноза водообеспеченности в республике основаны на научных гипотезах развития водопотребления и динамики доступных водных ресурсов в разрезе отдельных бассейнов. По данным (Медеу А.Р., 2012), если общий сток воды в Казахстане в 1965 г. составлял 121 км<sup>3</sup>/год, то в 2010 году он снизился до 91,3 км<sup>3</sup>/год и в 2030 г. прогнозируется дальнейшее снижение стока до 72,4 км<sup>3</sup>/год, при национальном уровне потребления 88-90 км<sup>3</sup>/год (рис. 2).



**Рисунок 2** – Поверхностный сток Республики Казахстан (Медеу А.Р., 2012)

Согласно отчету Программы Развития ООН (ПРООН) в Казахстане (Такенов Ж., 2012), республика занимает последнее место среди стран Содружества Независимых Государств (СНГ) по водообеспеченности. Сегодня более трети населения Республики не имеет свободного доступа к качественной питьевой воде, и к 2050 году удовлетворить потребности в воде может быть невозможно. Прогноз состояния водных ресурсов на 2050 г. показал, что существует риск возникновения ситуации острой нехватки воды, т.е. Казахстан может оказаться в списке стран с катастрофическим водным дефицитом.

Поэтому в этих условиях необходимо принять меры для адаптации к изменению климата, суть которой в рациональном использовании водных ресурсов, т.е. изменении отношения к потреблению водных ресурсов. Это и переход к новым технологиям водопользования (капельное, дождевание) в сельском хозяйстве и сокращение орошаемых земель, замена культур, требующих большие объемы воды на другие.

### Методы исследования

Адаптация к изменению климата в понимании МГЭИК (Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов) означает адаптацию естественных или антропогенных систем к новым или изменяющимся условиям окружающей среды в ответ на фактические или ожидаемые климатические воздействия или их последствия, что позволяет уменьшить ущерб и воспользоваться благоприятными возможностями. Адаптация может помочь избежать будущие риски и сократить существующие отрицательные воздействия (Отчет о воздействии человека на изменение климата, 2009). Во многих случаях изменение климата приведет к повышенной изменчивости климата и увеличению числа экстремальных климатических явлений, которые окажут прямое влияние на сельское хозяйство. Таким образом, устойчивость к изменениям и неожиданным явлениям, а также способность адаптироваться к изменяющемуся миру являются основой для адаптации.

Предлагаемая нами авторская адаптивная модель последствий изменения климата на природно-хозяйственные системы основывается на методах математической статистики и вероятностного анализа. В целях исключения сезонных колебаний среднесуточных температур в исследуемые периоды модель оценивает дискретные значения ряда, группируя их по количеству дней в году внутри установленного диапазона ( $\approx 1^\circ\text{C}$ ). На рисунке 3 показано гипотетическое распределение дней в году по температурному ряду на определенной территории в отдельно взятом году, например, на промежуток от  $-17^\circ\text{C}$  до  $-16^\circ\text{C}$  на указанный период приходился один день в году, а на промежуток от  $-1^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$  – 21 день в году. Подобное отражение показателей среднесуточных годовых температур на исследуемой территории позволяет корректно использовать вероятностные методы анализа данных. Вероятностное моделирование не только позволяет широко использовать сравнительные методы анализа среднесуточных, сезонных и годовых температур, оценивать размах их колебаний, но и хорошо соотносится с возможностью прогнозировать будущее изменение климата.

$$I_d = \frac{|\mu(t_{car}) - \mu(t_{base})| \times \sigma(t_{car})}{\sigma^2(t_{base})}$$

где  $I_{cl}$  – уровень влияния температурных факторов климатообразования на природно-хозяй-

ственные системы;  $t_{cur}$ ,  $t_{base}$  – показатели температуры в текущем и базисном году соответственно. Базисный год – это год, наиболее соответствующий средним температурным параметрам за весь многолетний период наблюдения для исследуемой территории.  $\mu(t)$ ,  $\sigma(t)$  – математическое ожидание и стандартное отклонение среднесуточной температуры:

$$\mu(t) = \sum_{i=0}^{n_{i+1}} \frac{n_{i+1}}{365} \times \frac{t_i + t_{i+1}}{2}$$

$$\sigma(t) = \sqrt{\sum_{i=0}^{n_{i+1}} \frac{n_{i+1}}{365} \times \left( \frac{t_i + t_{i+1}}{2} - \mu(t) \right)^2}$$

где  $t_i$  – целое значение среднесуточной температуры приземного воздуха [... -23, -22, -20, ..., -1, 0, 1, ..., 17, 18, ...],  $n_{i+1}$  – количество дней в году, которое находилось в диапазоне температур от  $t_i$  до  $t_{i+1}$ .

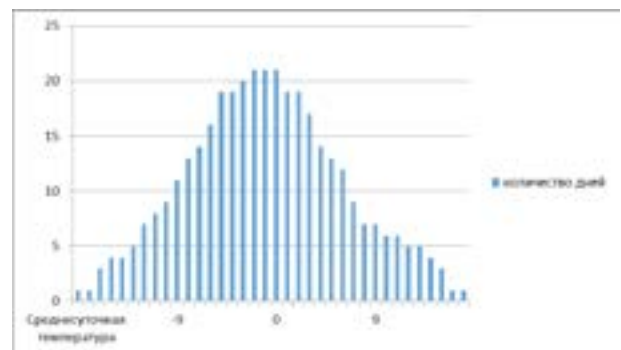


Рисунок 3 – Произвольный график колебаний среднесуточной температуры  $i$ -го года

Уровни адаптации интерпретируются в соответствии с индексом: при возрастании показателя возрастает и степень влияния на природно-хозяйственные системы (табл. 2).

Таблица 2 – Уровни влияния температурных факторов климатообразования

Индекс ( $I_{cl}$ )	Уровни адаптации	
I	менее 0,1	Высокий
II	0,1– 0,3	Средний
III	0,3– 0,7	Низкий
IV	0,7– 1,0	Критический
V	более 1,0	Катастрофический

## Обсуждение результатов

Предлагаемые модели не показывают влияние температурных факторов на природно-хозяйственные системы, так как они компенсируются сезонными изменениями. Поэтому в целом наблюдается сдвиг сезонов, однако, годовые средние температуры остаются стабильными. В этой связи нами предлагается модель дискретного анализа среднесуточных температур без учета влияния сезонных факторов. Модель рассчитывает качественные параметры изменения температур внутри года (анализный период к базисному).

Адаптационные мероприятия по снижению последствий изменения климата и минимизации негативного влияния проводятся и на государственном уровне. Казахстан ратифицировал Парижское соглашение в ноябре 2015 года и принял добровольный вклад в сокращение выбросов парниковых газов на 15% по сравнению с уровнем 1990 года к 2030 году (О ратификации Парижского соглашения, 2016).

В республике совместно с ПРООН разработана национальная концепция по адаптации к изменениям климата (III-VI Национальное Сообщение Республики Казахстан Рамочной конвенции, 2013). Один из способов адаптации – бережное и экономное использование воды и в быту, и в сельском хозяйстве. В этом контексте необходимо усовершенствование системы контроля водопользования, и внедрение таких инновационных методов эффективного орошения, как например, капельное орошение, дождевание. А также аграриям необходимо перестроиться на выращивание растений, которые лучше всего приспособлены к новым климатическим условиям.

Другой путь адаптации к изменению климата – это дальнейшее развитие в стране зеленой экономики. Переход от традиционных видов топлива к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) – это актуальная задача, связанная с сокращением выбросов парниковых газов и снижением негативных последствий изменения климата. В Республике имеются природные условия, которые открывают возможности для развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ): воды, солнца и ветра. Наибольший потенциал имеет ветровая энергетика. К настоящему времени вложены крупные инвестиции в развитие зеленой энергетики, имеется законодательная база, приняты целевые индикаторы. Так, если в 2014 г. было 26 объектов ВИЭ с мощностью 178 МВт, то в 2019 г. число объектов достигло до 87 объектов с

мощностью 1042 МВт (Официальный информационный ресурс Премьер-Министра Республики Казахстан, 2019). В Казахстане правительством совместно с ПРООН создан солнечный и ветровой атлас (Атлас солнечных и ветровых источников энергии), который станет инструментом для привлечения инвесторов в области солнечной и ветровой энергетики.

С 2013 года в Казахстане принята концепция по «Зеленой экономике», согласно которой к 2020 году доля ВИЭ составит 3%, а к 2030 году уже 10%. (Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике», 2013).

## Выводы и рекомендации

На основе большого массива данных показано, что глобальное потепление имеет место и в Казахстане. По мнению специалистов, климатические изменения на исследуемой территории имеют свои особенности, связанные с географическим местоположением. Внутриконтинентальное расположение Казахстана обуславливает усиление процесса опустынивания, способствуя дальнейшей аридизации климата. Сделан анализ влияния изменения климата на сельское хозяйство (растениеводство) и водные ресурсы. Установлено, что сельское хозяйство является самой уязвимой областью экономики, в связи с сокращением посевных площадей и снижением продуктивности зерновых культур возникает угроза продовольственной безопасности страны. Предложенная адаптивная модель влияния изменения климата на природно-хозяйственные системы основывается на методах математической статистики и вероятностного анализа. Модель позволяет широко использовать сравнительные методы анализа среднесуточных, сезонных и годовых температур, оценивать размах их колебаний, имеет высокий потенциал использования в прогнозных моделях изменения климата в пределах территориально ограниченных природно-хозяйственных систем.

Показана необходимость принятия адаптивных мер для смягчения отрицательных последствий изменения климата в Казахстане. Рекомендуются такие меры, как:

- постоянный комплексный мониторинг за климатической системой;
- постепенный переход к зеленой экономике с заменой традиционного высокоуглеродного топлива на возобновляемые источники энергии, как ветровая, солнечная и малые гидроэлектростанции;

- для устранения угрозы дефицита водных ресурсов и конфликтов из-за трансграничных стоков с соседними государствами эффективное управление его потребления, использование методов экономного расходования воды и сокращение объемов орошаемого земледелия;

- дальнейшая адаптация сельского хозяйства путем применения инновационных технологий обработки почвы, селекции культур, адаптиро-

ванных к новым климатическим условиям, т.е. более засухоустойчивых, с высокой продуктивностью и хорошим качеством зерна;

- подготовка специалистов, обладающих современными знаниями, навыками и умениями. Иметь возможность использовать их знания и опыт для смягчения и минимизации вызовов и угроз, имеющих место при глобальном изменении климата.

### Литература

Lacoue-Labarthe T., Nunes P.A.L.D., Ziveri P., Sauzade D., Turley C. Impacts of ocean acidification in a warming Mediterranean Sea: An overview. – *Regional Studies in Marine Science*, 2016. – P. 1-11.

Hoegh-Guldberg O., Poloczanska E.S. Editorial: The effect of climate change across ocean region. - *Frontiers in Marine Science*, 2017. – P. 361.

Chen J., McCarl B.A., Thayer A. Climate change and food security: Threats and adaptation. – *Frontiers of Economics and Globalization*, 2017. – P. 69-84.

Bozzola M., Massetti E., Mendelsohn R., Capitanio F. A Ricardian analysis of the impact of climate change on Italian agriculture. – *European Review of Agricultural Economics*, 2017. – P. 1-23.

Karimi V., Karami E., Keshavarz M. Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. – *Journal of Integrative Agriculture*, 2017. – P. 1-15.

Prasad R., Kumar S., Yadav A.K., Singh R., Kumar N. Impacts of climate change on agriculture: Adaptation, mitigation, and environmental policy. – *Plant Adaptation Strategies in Changing Environment*, 2017. – P. 329-345.

«Казгидромет» Министерство окружающей среды и водных ресурсов РК. Оценочный доклад об изменении климата на территории Казахстана. – Астана, 2014.

МГЭИК. Пятый Оценочный Доклад. – *Climate change 2013: The Physical Science Basis*, 2013.

Долгих С.А., Смирнова Е.Ю., Петрова Е.Е. Сценарии изменения климата и ожидаемые последствия // Ш-VI Национальное Сообщение Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана, 2013. – С. 133-139.

Есимова К.А., Сагандыкова Д.Н. Опустынивание как важная экологическая проблема Казахстана // Издәністер, нәтижелер. Исследования, результаты. – 2012. – №2. – С. 61-64.

Байшолонов С.С. О повторяемости засух в зерносеющих областях Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2010. №3. – С. 27-38

Кожаметов П.Ж., Байшолонов С.С., Аскарова М.А. Климатические факторы опустынивания территории Казахстана // Международная научно-практическая конференция «Опустынивание Центральной Азии: оценка, прогноз, управление». – 2014. – С. 287-295.

Агроклиматические ресурсы Акмолинской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшолонова. – 2017. – 133 с.

Министерство окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан. Государственная программа управления водными ресурсами Казахстана. – Астана, 2014. – С. 56.

Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция) / МОН РК КН, АО «Национальный Научно-Технологический холдинг «Парасат»», Институт Географии. – Алматы, 2012. – С. 90.

Такенов Ж., Панченко Н., Сарсенбеков Т. и др. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии. Обзор. – Астана, 2012.

МГЭИК: Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: Изменение климата, 2001. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

Глобальный гуманитарный форум. Анатомия тихого кризиса. // Отчет о воздействии человека на изменение климата. – 2009. <http://www.ghf-ge.org/human-impact-report.pdf>

О ратификации Парижского соглашения. Закон Республики Казахстан от 4 ноября 2016 года № 20-VI ЗРК <http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1600000020>

Министерство окружающей среды и водных ресурсов РК, программа развития ООН в Казахстане. Ш-VI Национальное Сообщение Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана, 2013. – С. 272.

Официальный информационный ресурс Премьер-Министра Республики Казахстан. По итогам 2019 года в Казахстане будут действовать 87 объектов возобновляемых источников энергии – Минэнерго. – 2019. <https://primeminister.kz/ru/news/ro-itogam-2019-goda-v-kazahstane-budut-deystvovat-87-obektov-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii-minenergo>

Атлас солнечных и ветровых источников энергии. [http://atlassolar.kz/Maps/Demo?map=avg\\_dnr](http://atlassolar.kz/Maps/Demo?map=avg_dnr) <http://www.windenergy.kz/atlasKZ.html>



Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». Указ Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577. – Астана, 2013. – С. 52.

## References

- Lacoue-Labarthe T., Nunes P.A.L.D., Ziveri P., Sauzade D., Turley C. (2016) Impacts of ocean acidification in a warming Mediterranean Sea: An overview. *Regional Studies in Marine Science*. Pp: 1-11.
- Hoegh-Guldberg O., Poloczanska E.S. (2017) Editorial: The effect of climate change across ocean region. *Frontiers in Marine Science*. P: 361.
- Chen J., McCarl B.A., Thayer A. (2017) Climate change and food security: Threats and adaptation. *Frontiers of Economics and Globalization*. Pp: 69-84.
- Bozzola M., Massetti E., Mendelsohn R., Capitanio F. (2018) A Ricardian analysis of the impact of climate change on Italian agriculture. *European Review of Agricultural Economics*. Pp: 1-23.
- Karimi V., Karami E., Keshavarz M. (2018) Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. *Journal of Integrative Agriculture*. Pp: 1-15.
- Prasad R., Kumar S., Yadav A.K., Singh R., Kumar N. (2017) Impacts of climate change on agriculture: Adaptation, mitigation, and environmental policy. *Plant Adaptation Strategies in Changing Environment*. Pp: 329-345.
- “Kazhydromet” Ministry of Environment and Water Resources of the Republic of Kazakhstan. (2014) Ocenochnyi doklad ob izmenenii klimata na territorii Kazahstana [Assessment report on climate change in the territory of Kazakhstan].
- IPCC. (2013). Pyatyy Ocenochniy doklad [The fifth Assessment Report] // Climate change 2013: The Physical Science Basis.
- Dolgi S.A., Smirnova E.Y., Petrova E.E. (2013) Scenarii izmeneniya klimata i ozhidaemye posledstviya [Climate change scenarios and expected consequences] // III-VI National Communication of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change. Astana. Pp. 133-139.
- Esimova K.A., Sagandykova D.N. (2012) Opustynivanie kak vazhnaya ekologicheskaya problema Kazahstana [Desertification as an important environmental problem in Kazakhstan] // Research, results. – №2. – Pp. 61-64.
- Baisholanov S.S. (2010) O povtoryaemosti zasuh v zernoseyushih oblastyah Kazahstana [On the recurrence of droughts in the grain-sowing regions of Kazakhstan] // Hydrometeorology and ecology. - №3.- Pp.27-38
- Kozhahmetov P.Zh., Baisholanov S.S., Askarova M.A. (2014) Klimaticheskie faktory opustynivaniya territorii Kazahstana [Climatic factors of desertification of the territory of Kazakhstan] // International Scientific and Practical Conference “Desertification of Central Asia: Assessment, Forecast, Management”. – Pp. 287-295.
- Ed. S.S. Baisholanov (2017) Agroklimaticheskie resursy Akmolinskoi oblasti: nauchno-prikladnoi spravochnik [Agroclimatic resources of the Akmola region: scientific and applied reference book]. – P.133 c.
- Ministry of Environment and Water Resources of the Republic of Kazakhstan (2014) Gosudarstvennaya programma upravleniya vodnymi resursami Kazahstana [State program of water resources management in Kazakhstan], Astana. – P. 56.
- Medeu A.R., Malkovskiy I.M., Toleubaeva L.S. (2012) Vodnye resursy Kazahstana: oценка, prognoz, upravlenie Almaty [Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management (concept)] // MES RK CS, JSC “National Scientific and Technological Holding “Parasat”, Institute of Geography, Almaty. – P. 90.
- Takenov Zh., Panchenko N., Sarsenbekov T. and etc. (2012) Vodnye Resursy Kazahstana V Novom Tysyacheletii. Obzor. [Water Resources of Kazakhstan in the New Millennium. Overview] Astana.
- IPCC. (2001) Tretiy ocenochniy doklad Mezhpripravitelstvennoi gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata [The third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change] // Climate Change (www.ipcc.ch)
- Human Impact Report Climate Change. (2009) Anatomiya tihogo krizisa [The Anatomy of A Silent Crisis] // [Report on Human Impact on Climate Change] <http://www.ghf-ge.org/human-impact-report.pdf>
- O ratifikacii Parizhskogo soglasheniya. [On the ratification of the Paris Agreement] Law of the Republic of Kazakhstan dated November 4, 2016 № 20-VI ZRK <http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1600000020>
- Ministry of Environment and Water Resources of the Republic of Kazakhstan, UN Development Program in Kazakhstan (2013) III-VI Nacionalnoe Soobshhenie Respubliki Kazahstan Ramochnoi konvencii OON ob izmenenii klimata [National Communication of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change] – Astana. – C. 272
- Official information resource of the Prime Minister of the Republic of Kazakhstan. (2019) Po itogam 2019 goda v Kazahstane budut deistvovat’ 87 obektov vobnovlyaemyh istochnikov energii – Minenergo [By the end of 2019, 87 renewable energy facilities will operate in Kazakhstan – Ministry of energy] <https://primeminister.kz/ru/news/po-itogam-2019-goda-v-kazahstane-budut-deystvovat-87-obektov-vobnovlyaemyh-istochnikov-energii-minenergo>
- Atlas solnechnyh i vetrovyh istochnikov energii [Atlas of solar and wind energy sources] [http://atlassolar.kz/Maps/Demo?map=avg\\_dnr](http://atlassolar.kz/Maps/Demo?map=avg_dnr) <http://www.windenergy.kz/atlasKZ.html>.
- Koncepciya po perehodu Respubliki Kazahstan k «zelenoj ekonomike» (2013) [Concept for the transition of the Republic of Kazakhstan to a “green economy”]. The Republic of Kazakhstan President’s Decree of May 30, 2013 № 577, Astana. – P. 52.