

# INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS



No. 1 (1) 2021

Natural Sciences and  
Technologies series





# **INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS**

## **Natural Sciences and Technologies series**

*Has been published since 2020*

**№1 (2) 2021**

Nur-Sultan

---

**EDITOR-IN-CHIEF:**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS RK, Professor  
**Kalimoldayev M. N.**

**DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
**Myrzagaliyeva A. B.**

**EDITORIAL BOARD:**

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Akiyanova F. Zh.</b>    | - Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kazakhstan)              |
| <b>Seitkan A.</b>          | - PhD, (Kazakhstan)  |
| <b>Baysholanov S. S</b>    | - Candidate of Geographical Sciences, Associate professor (Kazakhstan) |
| <b>Zayadan B. K.</b>       | - Doctor of Biological Sciences, Professor (Kazakhstan)                |
| <b>Salnikov V. G.</b>      | - Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kazakhstan)              |
| <b>Abdildayeva A. A.</b>   | - PhD, (Kazakhstan)  |
| <b>Urmashev B.A</b>        | - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, (Kazakhstan)        |
| <b>Tasbolatuly N.</b>      | - PhD, (Kazakhstan)  |
| <b>Chlachula J.</b>        | - Professor, Adam Mickiewicz University (Poland)                       |
| <b>Redfern S.A.T.</b>      | - PhD, Professor, (Singapore)  |
| <b>Cheryomushkina V.A.</b> | - Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia)                    |
| <b>Bazarnova N. G.</b>     | - Doctor Chemical Sciences, Professor (Russia)                         |
| <b>Mohamed Othman</b>      | - Dr. Professor (Malaysia)   |
| <b>Sherzod Turaev</b>      | - Dr. Associate Professor (United Arab Emirates)                       |

Editorial address: 8, Kabanbay Batyr avenue, of.316, Nur-Sultan,  
Kazakhstan, 010000  
Tel.: (7172)24-18-52 (ext. 316)  
E-mail: [natural-sciences@aiu.kz](mailto:natural-sciences@aiu.kz)

**International Science Reviews NST - 76153**

**International Science Reviews**

Natural Sciences and Technologies series

Owner: Astana International University

Periodicity: quarterly

Circulation: 500 copies

---

## CONTENT

<a href="#">А.А.Смаилов</a> АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ПО ДАННЫМ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИНДЕКСА УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИЙ.....	5
К.Е. Нарымбетов, С.С.Байшоланов_ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫНДА АГРОКЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙДЫҢ КЛИМАТТЫҢ ЖЫЛЫНУЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗГЕРУІ.....	15
К.Е. Нарымбетов, С.С.Байшоланов_БИОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	23

---

# АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ПО ДАННЫМ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИНДЕКСА УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИЙ

Смаилов Адильхан Арманович

картограф сектора ДЗЗ, Международный Научный Комплекс "Астана"  
г. Нур-Султан, Республика Казахстан  
[adilsmailov0720@gmail.com](mailto:adilsmailov0720@gmail.com)

**Аннотация.** Существующая тенденция изменения климатической обстановки постепенно становится основным фактором экологической дестабилизации сложившихся экосистем на территории Казахстана. По имеющимся прогнозам, ожидаемое изменение климата приведет к увеличению межгодовой и внутрисезонной изменчивости режима погоды, увеличению повторяемости аномально холодных зим и жарких лет; сдвигу агроклиматических зон увлажнения в сторону северных широт; увеличению количества дней с высокой температурой, увеличению повторяемости засух, повышению темпов аридизации территории и т.д. Наиболее уязвимыми являются сфера водных ресурсов и сельское хозяйство. Особенно быстро на изменения климата реагирует растительный покров. В этой связи, повышается актуальность постоянного мониторинга состояния растительности на территории Казахстана по многолетним данным дистанционного зондирования Земли из космоса. Космические снимки чрезвычайно полезны при выявлении пространственно-временных особенностей изменений состояния зеленой биомассы. Особенно интересен данный вопрос для северных областей республики, которые являются крупными поставщиками сельскохозяйственной продукции. Как правило, при мониторинге растительности используются наборы вегетационных индексов, представляющие собой комбинации значений спектральной отражательной способности из разных спектральных каналов ДЗЗ. Это объясняется простотой расчета, большой вариацией выбора и высокой информативностью индексов. Однако, несмотря на все достоинства ДЗЗ и вегетационных индексов, в Казахстане отсутствует систематический космический мониторинг растительного покрова, отсутствует систематизированная, достоверная и доступная база данных вегетационных индексов, которую можно использовать при проведении научных исследований.

**Ключевые слова:** дистанционного зондирования Земли, систематический космический мониторинг растительного покрова, вегетационный индекс.

## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность.* Существующая тенденция изменения климатической обстановки постепенно становится основным фактором экологической дестабилизации сложившихся экосистем на территории Казахстана. По имеющимся прогнозам, ожидаемое изменение климата приведет к увеличению межгодовой и внутрисезонной изменчивости режима погоды, увеличению повторяемости аномально холодных зим и жарких лет; сдвигу агроклиматических зон увлажнения в сторону северных широт; увеличению количества дней с высокой температурой, увеличению повторяемости засух, повышению темпов аридизации территории и т.д. Наиболее уязвимыми являются сфера водных ресурсов и сельское хозяйство [1].

Особенно быстро на изменения климата реагирует растительный покров [1]. В этой связи, повышается актуальность постоянного мониторинга состояния растительности на территории Казахстана по многолетним данным дистанционного зондирования Земли из космоса (далее ДЗЗ). Космические снимки чрезвычайно полезны при выявлении пространственно-временных особенностей изменений состояния зеленой биомассы. Особенно интересен данный вопрос для северных областей республики (Акмолинская

область, Костанайская область, Павлодарская область, Северо-Казахстанская область), которые являются крупными поставщиками сельскохозяйственной продукции.

Как правило, при мониторинге растительности используются наборы вегетационных индексов, представляющие собой комбинации значений спектральной отражательной способности из разных спектральных каналов ДЗЗ [2]. Это объясняется простотой расчета, большой вариацией выбора и высокой информативностью индексов.

Однако, несмотря на все достоинства ДЗЗ и вегетационных индексов, в Казахстане отсутствует систематический космический мониторинг растительного покрова, отсутствует систематизированная, достоверная и доступная база данных вегетационных индексов, которую можно использовать при проведении научных исследований.

*Цель исследования:* анализ изменений состояния растительного покрова северных областей Республики Казахстан на основе распределения значений интегрального индекса условий вегетации.

Отметим следующие *задачи*, решаемые в данной работе:

- формирование базы данных значений вегетационных индексов (нормализованный вегетационный индекс (NDVI), композитные значения нормализованного вегетационного индекса за десятидневный период (NDVI-композит), интегральный вегетационный индекс (IVI), интегральный индекс условий вегетации (IVCI)), май-сентябрь, 2010-2018 годы (далее г.);

- анализ многолетних распределений значений IVCI для исследуемой территории;

*Объектом* исследования является растительный покров на территории северных областей Казахстана.

*Предмет исследования* – состояние растительного покрова в течение вегетационного периода с 2010 по 2018 год.

*Основными источниками* пространственной информации выступают космические снимки со спутника Terra с дистанционным зондом MODIS (далее MODIS) [3]; картографические материалы, на основе которых получены векторные полигональные и линейные объекты; многолетняя статистическая информация.

## ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

При адаптации метода вегетационных индексов, разработанного в NOAA/NESDIS [4], для территории Казахстана было доказано, что вегетационный индекс NDVI может быть использован для мониторинга состояния растительного покрова [5]. В исследовании данный индекс является основополагающим.

Методика исследования, применяемая в работе, разработана и описана Институтом космических исследований им. У.М.Султангазина (ИКИ РК) [6,7,8,9,10]. Однако, предлагаемая работа, содержит обновленные данные и адаптированную для северных областей методику исследования. Таким образом, выполнение поставленных задач сводится к следующим этапам:

**1. Сбор и систематизация космических снимков MODIS.** Привлечение космических снимков низкого пространственного разрешения MODIS (250 м) продиктовано большой полосой обзора (2330 км), высокой периодичностью съемки (1-2 пролета в сутки), свободным доступом [11]. Появляется возможность сбора и систематизации ежедневных снимков для формирования базы данных значений вегетационных индексов. Отметим, что в работе присутствует не попиксельная, а пообъектная (область, район) ориентированность. При этом не рассматриваются городские администрации (далее г.а.), ввиду их незначительной площади. Исключением являются территории Аксу г.а., Аркалык г.а., Екибастуз г.а.

Вегетационный период в северном Казахстане наблюдается в период с 28 апреля-7 мая – 21-27 сентября [12,13,14,15]. В этой связи, используются ежедневные снимки в период с 1-го мая по 25 сентября.

Обработка космических снимков и картографирование производилось с использованием геоинформационных программных комплексов ENVI 5.3 и ArcMap 10.5.

**2. Расчет ежедневных значений NDVI, NDVI-композигов.** Индекс NDVI определяется как нормализованная разность между значениями в ближней инфракрасной области (NIR) и в красном диапазоне видимого спектра (VR) согласно следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR-VR}{NIR+VR} \quad (1) [2]$$

Для устранения ошибок различного рода, из ежедневных значений NDVI рассчитывается десятидневный композит, алгоритм расчета которого основан на определении максимального значения индекса за фиксированный временной интервал ( $j$  – номер декады в сезоне;  $i$  – номер дня в декаде) в каждом пикселе:

$$NDVI_j = \max_{i=1} (NDVI_{ji}) \quad (2) [7]$$

**3. Расчет значений IVI.** Индекс позволяет проследить межсезонные вариации состояния растительного покрова в долговременном периоде [8]. Характеризуется накоплением общего объема зеленой биомассы за вегетационный сезон и вычисляющийся суммированием NDVI-композигов за период май-сентябрь конкретного года в каждом пикселе [7].

$$IVI = \sum_{i=1}^n NDVI(t)_i \quad (3) [9]$$

**4. Расчет значений IVCI.** По своей сути, индекс представляет собой индекс IVI, взвешенный в многолетних максимальных и минимальных значениях, что позволяет оценить влияние погодных условий, оцененных в многолетнем ряду, на общий объем биомассы. Индекс может быть использован в качестве степени влияния сезонных метеоусловий на объем надземной биомассы [8]. Вычисляется по формуле:

$$IVCI = \frac{IVI_i - IVI_{min}}{IVI_{max} - IVI_{min}} \quad (4)$$

где,  $IVI_{max}/IVI_{min}$  – максимальное/минимальное многолетние значения IVI в данном пикселе за рассматриваемый период [7].

Значения могут выражаться как в процентах, так и в числовой десятичной форме. Выбран десятичный формат отображения.

В зависимости от величины IVCI, состояние растительности в течение вегетационного сезона в целом оценивается по пятибалльной шкале:

1. 0-0,2 – объем зеленой биомассы близок к многолетнему минимуму.
2. 0,21-0,4 – объем зеленой биомассы ниже многолетнего среднего.
3. 0-0,3 - пороговое значение индекса (дистанционный признак стрессового состояния растительности).
4. 0,41-0,8 – объем зеленой биомассы близок к многолетнему среднему.
5. 0,81-1 – объем зеленой биомассы близок к многолетнему максимуму [10].

Анализ многолетних распределений IVCI для исследуемой территории позволяет оценить вегетационный сезон в целом; выявить территории с участками растительности, находящейся в угнетенном состоянии по значениям IVCI  $< 0,3$  [8].

**5. Формирование базы данных вегетационных индексов.** Формирование базы данных производилось в Microsoft Office Excel 2016. Таблица содержит информацию об используемых космических снимках, полученные значения вегетационных индексов.

## **АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЗНАЧЕНИЙ IVCI**

Совокупная площадь рассматриваемой территории составляет 565035,0475 км<sup>2</sup>. Территориально Северный Казахстан представлен 4 областями: Акмолинская область (южная часть), Костанайская область (западная часть), Павлодарская область (восточная часть), Северо-Казахстанская область (северная часть). В состав перечисленных областей входят: 56 административных районов, 23 города. В центре Акмолинской области расположена столица Казахстана город Нур-Султан, административно не входящая в область.

На территории Северного Казахстана выделяются лесостепная, степная, сухостепная, полупустынная природные зоны. Растительный покров в видовом отношении весьма разнообразен. В северной части распространены крупные лесные массивы, березовые колки, разнотравно-злаковые степи с преобладанием ковылей и типчака, по возвышенностям – сосновые боры, злаково-полынные сухие степи на различных комплексах каштановых почв, широко распространены полынно-злаково-солянковые комплексы [15]. На западе распространены березово-осиновые колки, разнотравно-ковыльная растительность на черноземах, развиты разнотравно-типчаково-ковыльные степи на каштановых почвах, полынно-типчаково-ковыльные степи на светло-каштановых почвах, встречаются полупустыни с изреженным покровом из злаков [13]. Южная часть представлена сосновыми ленточными борами, березовыми колками, разнотравно-злаковыми степями с преобладанием ковылей и типчака, по возвышенностям – сосновыми борами, злаково-полынными сухими степями на различных комплексах каштановых почв, полынно-злаково-солянковыми комплексами [12]. На востоке распространены разнотравно-типчаково-ковыльные степи на южных черноземах, ковыльно-типчаковые степи с бедным сухолюбивым разнотравьем на слабозасоленных темно-каштановых почвах, сосновые ленточные боры, разнотравно-злаковые и солончаковые луга [14].

Природно-климатические условия Северного Казахстана благоприятны для возделывания зерновых, масличных, зернобобовых, крупяных и кормовых культур и, в первую очередь, продовольственной пшеницы с высоким содержанием клейковины, пользующейся повышенным спросом на мировых рынках. Пшеница является стратегической культурой для всех административных районов областей [12,13,14,15]. В большинстве административных районах распространено кочевое или отгонное скотоводство.

Проведен анализ состояния растительного покрова на основе распределений индекса IVCI, построена диаграмма многолетней динамики индекса по средним годовым значениям. На рисунке 1 можно проследить благоприятные и засушливые вегетационные периоды. Здесь же отмечено пороговое значение индекса равное 0,3.



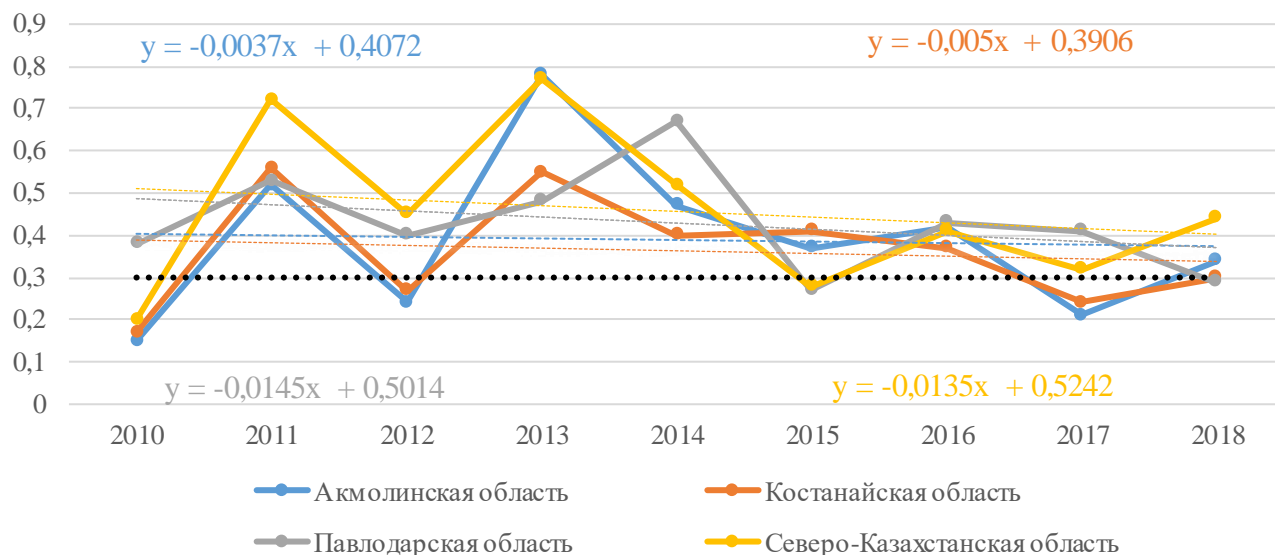


Рисунок 1 - Многолетняя динамика индекса IVCI для областей северного Казахстана, 2010-2018 гг.

К засушливым годам следует относить: **2010 год** – Акмолинская, Костанайская, Северо-Казakhstanская области; **2012 год** – Акмолинская, Костанайская области; **2015 год** – Павлодарская, Северо-Казakhstanская области; **2017 год** – Акмолинская, Костанайская области. Фактически растительность в эти годы находилась в угнетенном состоянии. Имеется подтверждение, что в 2010 и 2012 году (исключение Северо-Казakhstanская, Павлодарская области) наблюдались сильнейшие засухи [1]. Начиная с 2015 года, не наблюдается значительной тенденции повышения значений IVCI.

Рассчитаны уравнения линейного тренда вида  $IVCI(t)=kt+b_0$ . Коэффициент  $k$  показывает скорость изменения значений индекса IVCI. Для всех областей наблюдаются отрицательные значения коэффициента. Следовательно, прогнозируется дальнейшее уменьшение продуктивности зеленой биомассы. Наиболее низкие значения соответствуют Павлодарской области (-0,0145) и Северо-Казakhstanской области (-0,0135).

Для каждого административного района получены средние значения показателей IVCI. На рисунке 2 проведено районирование по средним значениям, согласно используемой классификации. Для отображения показателей выбрана стандартная цветовая схема.



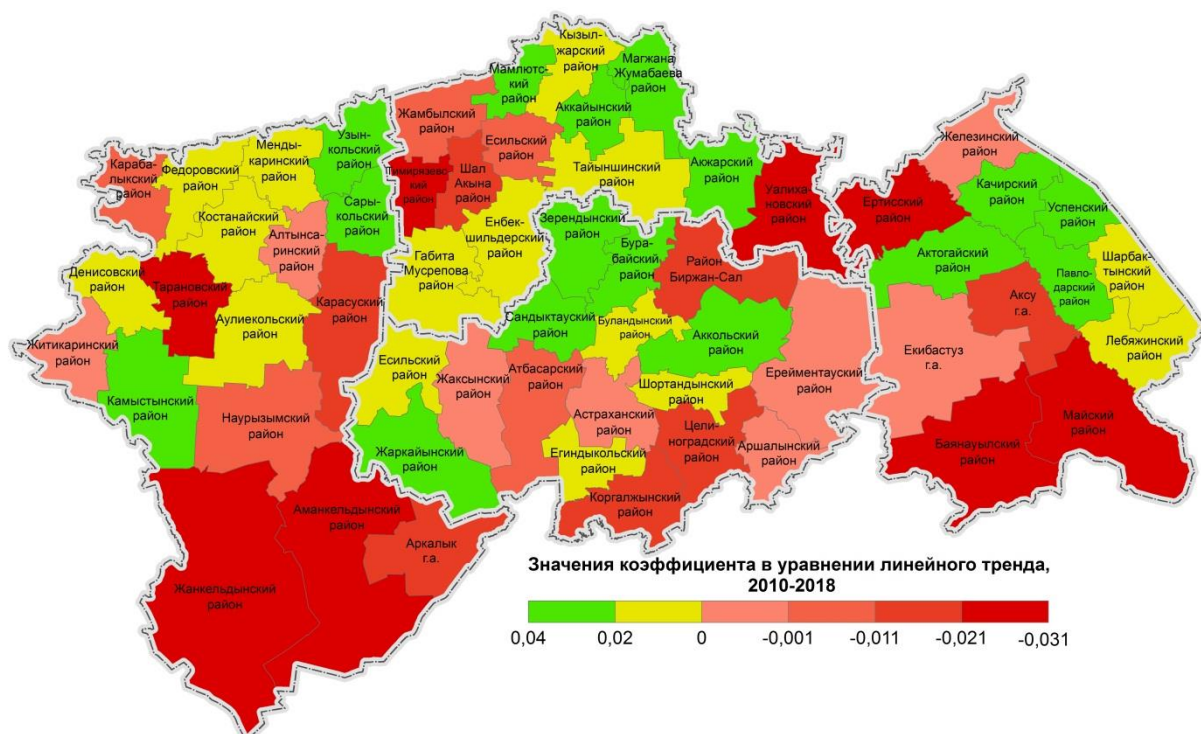


Рисунок 3 - Районирование территории Северного Казахстана по значениям коэффициента в уравнении линейного тренда, 2010-2018 гг.

По спутниковым данным с 2010 по 2018 года наблюдается явная деградация в состоянии растительного покрова в южной и местами в северной части Северного Казахстана. Сопоставляя средние значения IVCI и значения коэффициента в уравнении линейного тренда можно выделить наиболее неблагоприятные территории, где низкие значения IVCI имеют отрицательные тенденции (Жанкельдынский, Атбасарский, Карабалыкский, Ереймнтауский и др. районы).

Таким образом, в южных частях Северного Казахстана прогнозируется значительное ухудшение состояния растительности, повышение частоты засух, аридизация территории, ухудшение сельскохозяйственных показателей.

В заключении необходимо отметить, что сформированная база индексов пополняется данными за 2019 год. Однако в исследовании применялись данные характеризующие вегетационный период в целом, поэтому данные для 2019 года не использовались в исследовании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая научно-исследовательская работа отображает современное состояние растительности на территории Северного Казахстана. Согласно поставленным задачам, сформирована, по сути, уникальная база вегетационных индексов, рассчитанная по снимкам низкого разрешения TERRA/MODIS за период 2010-2018 гг., включающая в себя значения дифференциальных индексов NDVI, NDVI-композиата, а также интегральные вегетационные индексы IVI, IVCI. На основе данной базы апробирована и доработана методика исследований Института космических исследований им. У.М.Султангазина.

Применение метода вегетационных индексов позволило выделить засушливые годы, проследить динамику усиления стрессового воздействия засушливости на растительный покров, выявить тренд ухудшения растительного покрова. В частности, оценены

пространственно-временные распределения интегрального индекса условий вегетации и, как следствие, получена важная информация о текущем состоянии растительного покрова и составлен примерный прогноз дальнейших изменений в состоянии зеленой биомассы.

Важно отметить, что полученные результаты имеют важное значения для решения практических и научных задач. Применяемая объектная ориентированность, будет востребована при обеспечении территориальных органов управления, при общем анализе растительного покрова.

Доказана важность проведения систематического космического мониторинга, так как на сегодняшний день уже имеются предпосылки для разрушения существующих экосистем на территории Северного Казахстана.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. III-VI Национальное Сообщение Республики Казахстан к Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН). – Астана, 2013. – 274 с. ISBN 978-601-7313-46-3
2. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Москва: Техносфера. 2008 - 312 с. ISBN 978-5-94836-178-9
3. USGS. [Электронный ресурс]. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
4. The Center for Satellite Applications and Research (STAR) is the science arm of the NOAA Satellite and Information Service (NESDIS). [Электронный ресурс]. [www.nesdis.noaa.gov](http://www.nesdis.noaa.gov)
5. Закаркин Э.А., Спивак Л.Ф., Архипкин О.П., Муратова Н.Р., Терехов А.Г. 1999. Методы дистанционного зондирования в сельском хозяйстве Казахстана. – Алматы: Гылым. -230 с.
6. Закаркин Э.А., Спивак Л.Ф., Архипкин О.П., Муратова Н.Р., Терехов А.Г. Методы дистанционного зондирования в сельском хозяйстве Казахстана. – Алматы: Гылым. 1999. - 230 с.
7. Спивак Л.Ф., Витковская И.С., Терехов А.Г., Батырбаева М.Ж. Мониторинг долговременных изменений растительного покрова аридных и полуаридных зон Казахстана с использованием дистанционного зондирования. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т.8. №1. с. 163-169
8. Спивак Л.Ф., Витковская И.С., Муратова Н.Р., Батырбаева М.Ж. Оценка пространственно-временных особенностей состояния растительного покрова Казахстана на основе данных ДЗЗ. – Алматы, 2017
9. Spivak L., Vitkovskaya I., Bатыrbayeva M., Terekhov A. Detection of Desertification Zones Using Multi-year Remote Sensing Data. NATO Science for Peace and Security Series – C: Environmental Security Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability, Springer, 2010, p. 235-241
10. Спивак Л.Ф. Основы создания систем космического мониторинга. Метод. Пособие. Алматы: «Дайк-Пресс». 2010. – 88 с.
11. NASA. [Электронный ресурс]. <https://terra.nasa.gov/about/terra-instruments/modis>
12. Агроклиматические ресурсы Акмолинской области: научно–прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова – Астана, 2017. – 133 с. ISBN 978-601-7150-83-9
13. Агроклиматические ресурсы Костанайской области: научно–прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова – Астана, 2017. – 139 с. ISBN 978-601-7150-86-0
14. Агроклиматические ресурсы Павлодарской области: научно–прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова – Астана, 2017. – 127 с. ISBN 978-601-7150-87-7
15. Агроклиматические ресурсы Северо–Казахстанской области: научно–прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова – Астана, 2017. – 125 с. ISBN 978-601-7150-88-4



---

## **ӨСІМДІК ШАРТТАРЫНЫҢ ИНТЕГРАЛДЫҚ ИНДЕКСІНІҢ МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН АЯМЫНДАҒЫ ӨСІМДІК ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ӨЗГЕРІСТЕРДІ ТАЛДАУ**

**Смайлов Әділхан Арманұлы**

**Аннотация.** Климаттық ахуалды өзгертудің қазіргі тенденциясы біртіндеп Қазақстан аумағындағы қолданыстағы экожүйелерді экологиялық тұрақсыздандырудың басты факторына айналуға бастады. Қолда бар болжамдарға сәйкес, күтілетін климаттың өзгеруі ауа-райы режимінің жыл аралық және маусым аралық өзгергіштігінің жоғарылауына, әдеттен тыс суық қыстың және ыстық жылдардың жиілігінің артуына әкеледі; агроклиматтық ылғалдану аймақтарының солтүстік ендікке қарай жылжуы; жоғары температуралы күндер санының артуы, құрғақшылық жиілігінің артуы, территорияның құрғау жылдамдығының жоғарылауы және т.б. Осал - су ресурстары мен ауыл шаруашылығы. Өсімдік жамылғысы климаттың өзгеруіне әсіресе тез әсер етеді. Осыған байланысты Жерді ғарыштан қашықтықтан зондтаудың ұзақ мерзімді деректері бойынша Қазақстан аумағындағы өсімдіктер жағдайын үнемі бақылаудың өзектілігі артып отыр. Спутниктік түсірілім жасыл биомасса күйінің өзгеруінің кеңістіктік-уақыттық ерекшеліктерін ашуда өте пайдалы. Бұл мәселе әсіресе республиканың ауылшаруашылық өнімдерін негізгі жеткізушілер болып табылатын солтүстік облыстары үшін қызықты. Әдетте, өсімдік жамылғысын бақылау кезінде әр түрлі спектрлік ЖҚЗ арналарынан спектрлік шағылысу мәндерінің комбинациясы болып табылатын өсімдіктер индекстерінің жиынтығы қолданылады. Бұл есептеудің қарапайымдылығымен, таңдаудың үлкен вариациясымен және индекстердің жоғары мазмұндылығымен байланысты. Алайда, қашықтықтан зондтау және өсімдік жамылғысы көрсеткіштерінің барлық артықшылықтарына қарамастан, Қазақстанда өсімдік жамылғысының жүйелік кеңістігін бақылау жоқ, ғылыми зерттеулерде қолдануға болатын өсімдік индекстерінің жүйелі, сенімді және қол жетімді дерекқоры жоқ.

**Түйінді сөздер:** Жерді қашықтықтан зондтау, өсімдік жамылғысының жүйелік кеңістігін бақылау, өсімдіктер индексі.

## **ANALYSIS OF CHANGES IN THE STATE OF VEGETATION COVER IN THE TERRITORY OF NORTHERN KAZAKHSTAN ACCORDING TO THE DATA OF THE INTEGRAL INDEX OF VEGETATION CONDITIONS**

**Smailov Adilkhan Armanovich**

**Annotation.** The current tendency to change the climatic situation is gradually becoming the main factor in the ecological destabilization of the existing ecosystems on the territory of Kazakhstan. According to the available forecasts, the expected climate change will lead to an increase in the interannual and intraseasonal variability of the weather regime, an increase in the frequency of abnormally cold winters and hot years; a shift in agroclimatic humidification zones towards northern latitudes; an increase in the number of days with high temperatures, an increase in the frequency of droughts, an increase in the rate of aridization of the territory, etc. The most vulnerable are water resources and agriculture. The vegetation cover reacts especially quickly to

climate change. In this regard, the relevance of continuous monitoring of the state of vegetation on the territory of Kazakhstan on the basis of long-term data of remote sensing of the Earth from space is increasing. Satellite imagery is extremely useful in revealing the spatio-temporal features of changes in the state of green biomass. This issue is especially interesting for the northern regions of the republic, which are major suppliers of agricultural products. As a rule, when monitoring vegetation, sets of vegetation indices are used, which are combinations of spectral reflectance values from different spectral ERS channels. This is due to the simplicity of the calculation, the large variation in the selection, and the high information content of the indices. However, despite all the advantages of remote sensing and vegetation indices, there is no systematic space monitoring of vegetation cover in Kazakhstan, there is no systematic, reliable and accessible database of vegetation indices that can be used in scientific research.

**Key words:** remote sensing of the Earth, systematic space monitoring of vegetation cover, vegetation index.

#### **Сведение об авторе**

Смаилов Адильхан Арманович, картограф сектора ДЗЗ, Международный Научный Комплекс "Астана", Республика Казахстан, 010000, г. Нур-Султан, проспект Кабанбай батыра 8, тел. +7 771 037 33 86, E-mail: adilsmailov0720@gmail.com

#### **Автор туралы мәлімет**

Смайлов Әділхан Арманұлы, ЖҚЗ секторының картографы, «Астана» Халықаралық ғылыми кешені, Қазақстан Республикасы, 010000, Нұр-Сұлтан, Кабанбай батыр даңғылы, 8, тел. +7 771 037 33 86, Электрондық пошта: adilsmailov0720@gmail.com

#### **About the author**

Smailov Adilkhan Armanovich, cartographer of the ERS sector, International Scientific Complex "Astana", Republic of Kazakhstan, 010000, Nur-Sultan, Kabanbai batyr avenue 8, tel. +7 771 037 33 86, E-mail: adilsmailov0720@gmail.com

## ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫНДА АГРОКЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙДЫҢ КЛИМАТТЫҢ ЖЫЛЫНУЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗГЕРУІ

К.Е. Нарымбетов<sup>1</sup>, С.С.Байшоланов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> магистрант АІУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан,

<sup>2</sup> т.ғ.к., доцент, бас ғылыми қызметкер, «Астана» ХҒК, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

[kamalnarymbetov@gmail.com](mailto:kamalnarymbetov@gmail.com)

**Аннотация.** Мақалада Павлодар облысының қазіргі кезеңдегі агроклиматтық жағдайлары және оның болашақта өзгеруі бағаланған. Ол үшін вегетациялық кезеңінің жылуқамтамасыздығы, ылғалқамтамасыздығы және қуаңшылығы көрсеткіштері зерттелді. Облыс аумағында вегетация кезеңі жылумен жақсы қамтамасыздалған. Облыстың басым аумағында вегетациялық кезең «жеткіліксіз ылғалқамтамасыздықпен» және «әлсіз қуаңшылықпен» сипатталады. Климаттың 2050 жылға дейінгі болжамдық өзгеруі вегетациялық кезеңнің жылу қорының артуына, ылғалдану жағдайының нашарлауына және қуаңшылықтың күшеюіне әкеледі.

**Түйінді сөздер:** агроклимат, вегетация, қуаңшылық, жауын-шашын, ылғалдылық.

### КІРІСПЕ

Климаттық жағдайлар ауыл шаруашылығының дамуына тікелей әсер ететін факторлардың бірі болып табылады. Павлодар облысы Қазақстанның негізгі егінді облыстарының бірі болып табылады. Онда егіс көлемі 1,4 млн гектер жерді алып жатыр. Сондақтан Павлодар облысы аумағында агроклиматтық негізгі көрсеткіштердің қалай таралатынын зерттеу өзекті болып табылады. Ал қазіргі таңда орын алып отырған климаттың жылынуы ауыл шаруашылығына кері әсерін тигізуде. Қазақстанда бұл тақырыпта біршама зерттеулер жүргізілген [1, 2, 3, 4].

### МАТЕРИАЛДАР ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

Жұмыста ҚР ЭГТРМ «Казгидромет» РМК метеорологиялық стансаларының 1981-2020 жылдары деректері қолданылды. Агроклиматологияда жылу қорының көрсеткіштері ретінде ауа температурасының орташа және экстремальді, ауа температурасының 5°, 10°, 15°C шектерінен тұрақты өту мерзімдері, вегетациялық кезеңнің ұзақтығы, вегетациялық кезеңдегі температуралар жинағы және т.б. қолданылады.

Ылғалдану қоры көрсеткіштері ретінде әртүрлі кезеңдердегі жауын-шашын мөлшері, топырақтағы ылғал қоры және ылғалданудың әртүрлі есептік коэффициенттері қолданылады.

Вегетация кезеңінің ылғалқамтамасыздығы әртүрлі ылғалдану коэффициенттері түрінде жанама көрсеткіштермен де сипатталады. Қазақстан жағдайында Байшоланов С.С. ұсынған К - ылғалқамтамасыздық коэффициентін қолдануға болады [1, 2]:

$$K = \frac{0,5 \sum R_{114} + \sum R_{58}}{0,12 \sum t_{58}}$$

Бұл жерде  $\sum R_{114}$  – қараша-сәуірдегі жауын-шашын жинағы;  $\sum R_{58}$  – мамыр-тамыздағы жауын-шашын жинағы;  $\sum T_{58}$  – мамыр-тамыздағы ауа температурасы жинағы.

Қуаңшылық – жауын-шашынның ұзақ болмауымен, ауа мен топырақтың жоғары температурасымен сипатталатын табиғи құбылыс. Бұл нәтижесінде топырақ ылғалының сарқылуына, өсімдіктердегі су теңгерімінің бұзылуына және өнімділіктің төмендеуіне немесе егіннің жойылуына әкеледі. Қуаңшылықтың үш түрі жіктеледі: атмосфералық, топырақтық және жалпы (атмосфералық-топырақтық).

Атмосфералық қуаңшылық ұзақ жаңбырсыз кезеңді тұрақты антициклондық ауа райымен, жоғары температура және ауаның өте құрғақтығымен сипатталады. Қазақстан жағдайында қуаңшылықты бағалау үшін Г.Т. Селяниновтың гидротермикалық коэффициенті ең үйлесімді екендігін көп жылдық тәжірибе көрсетті [3, 4]:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum R_{58}}{0,1 \sum t_{58}}$$

Бұл жерде  $\sum R_{114}$  – қараша-сәуірдегі жауын-шашын жинағы;  $\sum R_{58}$  – мамыр-тамыздағы жауын-шашын жинағы;  $\sum T_{58}$  – мамыр-тамыздағы 10°C жоғары орташа тәуліктік ауа температурасы жинағы.

Агроклиматтық жағдайларды 2050 жылға дейін болжау үшін ҚР ЭГТРМ «Казгидромет» РМК климатолог сарапшылары тобы әзірленген орташа айлық ауа температурасының және айлық жауын-шашын жинағының ықтималды болжамдары қолданылды.

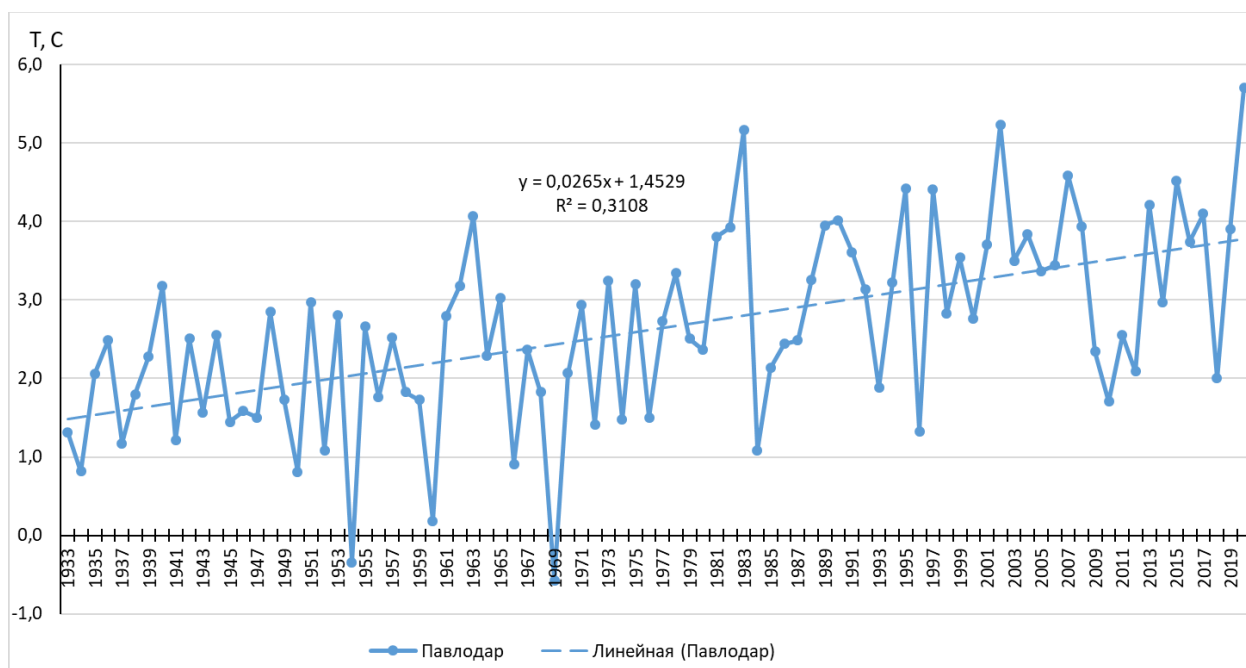
Болашақ климаттың сипаттамалары үшін екі 20-жылдық кезеңдер қолданылды: 2020-2039 жылдар, ортасы 2030 жыл және 2040-2059 жылдар, ортасы 2050 жыл, сондай-ақ климаттың өзгеруінің РТК8.5 сценарийі пайдаланылды.

РТК – концентрациялардың репрезентативтік траекториясы – антропогендік шығындылар сценарийі. РТК8.5 – парниктік газдар шығындыларының аса жоғары деңгейі сценарийі бойынша климаттың өзгеруі.

## ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕР

### Қазіргі агроклиматтық жағдайлар

**Вегетациялық кезеңнің жылуқамтамасыздығы.** Сурет 1-де МС Павлодар бойынша орташа жылдық ауа температурасының көпжылдық динамикасы көрсетілген. Соңғы 88 жыл (1933-2020 жж.) аралығында ауа температурасының үздіксіз өсуі орын алған, яғни климат жылынып келе жатыр.



Сурет 1 – МС Павлодар бойынша орташа жылдық ауа температурасының көпжылдық динамикасы



Көктемде облыс аумағында 5°C-қа ауа температурасының тұрақты ауысуы 12-18 сәуірде байқалса, ал күзде 10-16 қазанда кері өзгереді, ал 10°C-қа - көктемде 28 сәуір - 5 мамыр аралығында, күзде - 21-27 қыркүйекте байқалады. Ауаның орташа тәуліктік температурасы көктемде 15°C-тан 18-26 мамырда асса, күзде - 29 тамыз-7 қыркүйек аралығына дейін созылады. Сәйкесінше, ауа температурасының 5°C-тан жоғары болған кезеңнің ұзақтығы 175-187 тәулік, 10°C жоғары - 139-152 тәулік және 10°C жоғары - 95-112 тәулік құрайды (кесте 1).

*Кесте 1* - Ауа температурасының 5°C ( $D_5$ ), 10°C ( $D_{10}$ ), 15°C ( $D_{15}$ ) аралығында тұрақты болу даталары және кезеңдер ұзақтығы ( $N_5, N_{10}, N_{15}$ ), тәулік

МС	$D_5$		$N_5$	$D_{10}$		$N_{10}$	$D_{15}$		$N_{15}$
	көктем	күз		көктем	күз		көктем	күз	
Михайловка	18.04	10.10	175	05.05	21.09	139	26.05	29.08	95
Ертіс	16.04	12.10	179	03.05	23.09	143	23.05	01.09	101
Ақтоғай	15.04	12.10	180	02.05	23.09	144	22.05	02.09	103
Павлодар	13.04	13.10	183	30.04	24.09	147	21.05	03.09	105
Екібастұз	12.04	15.10	186	30.04	26.09	149	20.05	05.09	108
Көктөбе	12.04	16.10	187	28.04	27.09	152	18.05	07.09	112
Баянауыл	14.04	14.10	183	02.05	24.09	145	24.05	02.09	101

Вегетациялық кезеңнің жылу қоры ауа температурасы жинағымен бағаланады. Павлодар облысында ауа температурасы 5°C жоғары кезеңде 2644-2998°C жылу жиналады, 10°C жоғары кезеңде – 2364-2722°C, ал 15°C жоғары кезеңде – 1763-2174°C жылу жиналады (кесте 2).

*Кесте 2* - 5° ( $\sum T_{>5}$ ), 10° ( $\sum T_{>10}$ ) және 15° ( $\sum T_{>15}$ ) жоғары белсенді ауа температурасының жинағы

МС	$\sum T_{>5}$	$\sum T_{>10}$	$\sum T_{>15}$
Михайловка	2644	2364	1763
Ертіс	2772	2488	1911
Ақтоғай	2796	2516	1954
Павлодар	2865	2586	2011
Екібастұз	2922	2635	2073
Көктөбе	2998	2722	2174
Баянауыл	2752	2458	1863

Жылу қорының дақыл талабына сәйкестігін бағалау үшін қамтамасыздығы әртүрлі температуралар жинағының мәндері анықталады. Өсімдіктердің жылумен 80-90% қамтамасыз етілуі жақсы деп қабылданған [5].

Павлодар облысының солтүстік бөлігінде 90 %-ға 2176°C жылу қамтылған. Облыстың оңтүстігінде 90%-ға 2576°C 10°C жоғары белсенді ауа температурасы жинағы қамтылған (кесте 3).

*Кесте 3* – 10°C жоғары ауа температурасының қамтамасыздық жинағы, °C

МС / P, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Михайловка	2529	2489	2426	2404	2377	2340	2302	2256	2176	2116
Ертіс	2643	2612	2567	2524	2487	2466	2435	2392	2306	2236
Ақтоғай	2674	2624	2589	2549	2519	2492	2480	2405	2333	2230
Павлодар	2733	2691	2655	2606	2588	2565	2552	2496	2412	2279
Екібастұз	2805	2707	2686	2669	2640	2619	2578	2550	2516	2235
Көктөбе	2862	2829	2800	2749	2708	2699	2662	2637	2576	2430
Баянауыл	2609	2561	2530	2494	2449	2437	2419	2396	2310	2099

#### Вегетациялық кезеңнің ылғалқамтамасыздығы.

Павлодар өңірінде жыл бойында жауын-шашын қыстан жазға қарай артып, максимумы шілде айында байқалады, ал минимумы – ақпан айында. Жылдың жылы кезеңінде жылдың суық мезгіліне қарағанда 2 есе артық жауын-шашын жауады. Облыста жыл бойында 270-315 мм жауын-шашын жауады. Оның жылы кезеңінде 188-231 мм, ал салқын кезеңінде 66-84 мм жауады (кесте 4).

Кесте 4 – Жылдық, салқын және жылы кезеңдердегі жауын-шашын мөлшерлері, мм

МС	Жыл	XI-III	IV-X
Михайловка	315	84	231
Ертіс	285	70	216
Ақтоғай	276	66	210
Павлодар	298	92	206
Екібастұз	268	65	202
Көктөбе	272	84	188
Баянауыл	334	81	253

Вегетациялық кезеңнің ылғалқамтамасыздығы К ылғалдану коэффициентімен бағаланды. Орташа алғанда, Павлодар облысы аумағында ылғалдану коэффициенті 0,67-0,93 аралығында өзгереді. Облысы аумағы негізінен «жеткіліксіз ылғалқамтамасыздықпен» сипатталады. Алайда, облыстың солтүстік бөлігі мен оңтүстігіндегі Баянауыл таулары аймағында ылғалдану коэффициенті жоғары (0,84-0,93) «жеткілікті, бірақ тұрақсыз ылғалқамтамасыздық» орын алады. (кесте 5).

Кесте 5 - К ылғалдандыру коэффициенті мәндері

МС	К	Бағалау
Михайловка	0,84	жеткілікті, бірақ тұрақсыз ылғалқамтамасыздық
Ертіс	0,75	жеткіліксіз ылғалқамтамасыздық
Ақтоғай	0,71	жеткіліксіз ылғалқамтамасыздық
Павлодар	0,74	жеткіліксіз ылғалқамтамасыздық
Екібастұз	0,70	жеткіліксіз ылғалқамтамасыздық
Көктөбе	0,67	жеткіліксіз ылғалқамтамасыздық
Баянауыл	0,93	жеткілікті, бірақ тұрақсыз ылғалқамтамасыздық

#### Вегетациялық кезеңнің қуаңшылығы.

Орташа көп жылдық деректер бойынша вегетативті белсенді кезеңнің (мамыр-тамыз) климаттық қуаңшылығын анықтау үшін ГТК есептелді.

Өсімдіктердің белсенді вегетациялық кезеңі облыстың оңтүстігіндегі Баянауыл МС-да (Баянауыл таулары) ГТК = 0,86, яғни «қуаңшыл емес». Оңтүстік-шығыс бөлігіндегі Көктөбе МС-да «орташа қуаңшыл» (ГТК= 0,58) болды. Облыстың солтүстік жартысы,

сондай-ақ батыс және оңтүстік-батыс бөліктері «әлсіз қуаңшыл», мұнда өсімдіктердің белсенді вегетациясы кезеңінде ГТК 0,63-0,75 аралығында болды (кесте 6).

*Кесте 6* – Мамыр-тамыз айларындағы ГТК-ның орташа мәні және қуаңшылықты бағалау

МС	ГТК <sub>5-8</sub>	Бағалау
Михайловка	0,75	әлсіз қуаңшыл
Ертіс	0,69	әлсіз қуаңшыл
Ақтоғай	0,66	әлсіз қуаңшыл
Павлодар	0,63	әлсіз қуаңшыл
Екібастұз	0,65	әлсіз қуаңшыл
Көктөбе	0,58	орташа қуаңшыл
Баянауыл	0,86	қуаңшыл емес

### АГРОКЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЛАРДЫ 2050 ЖЫЛҒА ДЕЙІН БОЛЖАУ

**Вегетациялық кезеңнің жылуқамтамасыздығы.** Жылу қоры өзгерістерін бағалау үшін мамыр-тамыз айларындағы орташа тәуліктік ауа температурасы жинағының ( $\sum T_{58}$ ) болжамдық мәндері РТК8.5 сценарийлері бойынша болашақ климаттық жағдайларға (2030 және 2050 жж.) есептелді, және қазіргі климаттық мәндермен салыстырылды (1981-2020 жж.).

2030 жылдары күтілетін климатта жылу қамтамасыздық қазіргі климатқа қарағанда елеулі артатындығын есептеулер көрсетті. Павлодар облысында мамыр-тамыз айларындағы температура жинағы РТК8.5 сценарийі бойынша – 190 °С-ге, яғни 8 %-ға артатындығы анықталды. Жылуқамтамасыздық 2050 жылға қарай 340 °С-ге, яғни 15 %-ға ұлғаяды (кесте 7).

*Кесте 7* – Павлодар облысы бойынша қазіргі климат (ҚК) және РТК8.5 климаттың өзгеруі сценарийіне сәйкес 2030 және 2050 жылдар климатындағы тәуліктік ауа температуралар жинағы

$\sum T_{58}, ^\circ\text{C}$	$dT, ^\circ\text{C}$		$dT, \%$			
	2030 ж.	2050 ж.	2030 ж.	2050 ж.		
ҚК	2030 ж.	2050 ж.	2030 ж.	2050 ж.		
2230	2420	2570	190	340	108	115

**Вегетациялық кезеңнің ылғалқамтамасыздығы.** Ылғал қорларындағы өзгерістерді бағалау үшін РТК8.5 сценарийі бойынша болашақтағы климаттық жағдайлар үшін (2030 және 2050 жж.) жылдық жауын-шашын жинағының ( $\sum R_{\text{жыл}}$ ) және вегетативті белсенді кезеңдегі (мамыр-тамыз) жауын жинағының ( $\sum R_{58}$ ) мәндері, сондай ақ ылғалдану коэффициенті (К) есептелді, және олар қазіргі климаттың мәндерімен салыстырылды (1981-2020 жж.).

2050 жылға дейін, Павлодар облысы бойынша орташа алғандағы жауын-шашынның жылдық жинағы ( $\sum R_{\text{жыл}}$ ) біртекті өзгермейтіндігін есептеулер көрсетті. РТК8.5 климаттың өзгеру сценарийі бойынша 2030 және 2050 жылдары жылдық жауын-шашынның аздап артуы күтілуде. Вегетативті белсенді кезеңдегі жауын-шашындар жинағы ( $\sum R_{58}$ ) 2030 және 2050 жылдары онша өзгермейді (кесте 8).

*Кесте 8* – Қазіргі климатта (ҚК) және РТК8.5 климаттың өзгеру сценарийіне сәйкес 2030 және 2050 жылдар климаттарында жылдық ( $\sum R_{\text{жыл}}$ ) және мамыр-тамыз айларындағы ( $\sum R_{58}$ ) жауын-шашын жинақтары мәндері

$\sum R_{\text{жыл}}, \text{мм}$	$\sum R_{58}, \text{мм}$
----------------------------------	--------------------------

ҚК	2030 ж.	2050 ж.	ҚК	2030 ж.	2050 ж.
286	287	295	149	147	148

Болашақ климаттық жағдайлар үшін (К) ылғалдану коэффициентін есептеулер, Павлодар облысында 2050 жылға дейін вегетациялық кезең ылғалқамтамасыздығы біртіндеп нашарлайтындығын көрсетті. РТК85 сценарийі бойынша 2030 жылы 10%-ға, 2050 жылға қарай 12%-ға азаяды (кесте 9).

*Кесте 9* – Қазіргі климатта (ҚК) және РТК8.5 климаттың өзгеруі сценарийі бойынша 2030 және 2050 жылдар климатында К мәндері

К, бірлік.			К, %	
ҚК	2030 ж.	2050 ж.	2030 ж.	2050 ж.
0,73	0,67	0,65	90	88

Осылайша, 2050 жылға дейін одан әрі климаттың жылуы жағдайында Павлодар облысында жауын-шашын мөлшерінде ерекше өзгерістер күтілмейді, алайда, вегетациялық кезеңнің ылғалқамтамасыздығы нашарлайды. Бұл ауа температурасының жоғарылауы есебінен буланудың артуына байланысты.

**Вегетациялық кезеңнің қуаңшылығы.** Климат қуаңшылығындағы өзгерісті бағалау үшін ГТК-ның РТК8.5 сценарийі бойынша болашақ климаттық жағдайлардағы (2030 және 2050 жж.) болжамдық мәндері есептелді және қазіргі климаттың мәнімен салыстырылды.

Болашақ климаттық жағдайлар үшін ГТК есептеулері, 2050 жылға дейін климат қуаңшылығының күшейетіндігін көрсетті. РТК85 сценарийі бойынша 2030 жылы ГТК 9%-ға, 2050 жылға қарай 15%-ға кемиді (кесте 10).

Егер орташа облыстық жағдайларды алатын болсақ, ГТК бойынша вегетациялық кезең Павлодар облысы аумағында «әлсіз қуаңшыл» (ГТК=0,68) болып сипатталады. Ал 2050 жылы ол «орташа қуаңшыл» категориясына (ГТК=0,57) өтеді. Осылайша, 2050 жылға дейін климаттың одан әрі жылынуы жағдайында, Павлодар облысында ГТК мәні 15%-ға азайып, климаттың қуаңшылығы күшейетін болады. Тиісінше, қуаңшылықтың қайталанушылығы да артуы мүмкін.

*Кесте 10* – Қазіргі климатта (ҚК) және РТК 8.5 климаттың өзгеруі сценарийіне сәйкес 2030 және 2050 жылдар климатындағы ГТК мәні

ГТК, бірлік			ГТК, %	
ҚК	2030 ж.	2050 ж.	2030 ж.	2050 ж.
0,68	0,61	0,57	91	85

## ҚОРЫТЫНДЫ

Павлодар облысында соңғы 88 жыл (1933-2020 жж.) аралығында ауа температурасының үздіксіз өсуі байқалуда. Облыс аумағында вегетация кезеңі жылумен жақсы қамтамасыздалған. Облыстың солтүстік бөлігі 90 %-ға 2200°C жылумен, оңтүстігі 2600°C жылумен қамтылған. Облыстың басым аумағында вегетациялық кезең «жеткіліксіз ылғалқамтамасыздықпен» және «әлсіз қуаңшылдықпен» сипатталады.

Климаттың 2050 жылға дейінгі болжамдық өзгеруі вегетациялық кезеңнің жылу қорының артуына, ылғалдану жағдайының нашарлауына және қуаңшылықтың күшеюіне әкеледі. Сондықтан қазірден бастап климаттың болашақ жылынуына ауылшаруашылық саласын бейімдеу шараларын ұйымдастыру қажет.



### ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Байшоланов С.С., Павлова В.Н., Жакиева А.Р., Чернов Д.А., Габбасова М.С. Агроклиматические ресурсы Северного Казахстана // Гидрометеорологические исследования и прогнозы № 1(367). Москва: Труды Гидрометцентра России, 2018. С. 168-184.
  2. Байшоланов С.С. Уязвимость и адаптация сельского хозяйства Республики Казахстан к изменению климата. Монография. ПРООН. Астана, 2018. 128 с.
  3. Байшоланов С.С. О повторяемости засух в зерносеющих областях Казахстана // Гидрометеорология и экология. № 3. Алматы, 2010. РГП «Казгидромет», С. 27-38.
  4. Муканов Е.Н. Байшоланов С.С. Районирование и оценка засушливости вегетационного периода на территории Казахстана // Материалы международной научной конференции молодых ученых «Актуальные проблемы прикладной гидрометеорологии». - Одесса: ОДЕКУ, 2012. -С. 100-104.
- Лосев А.П. Практикум по агроклиматическому обеспечению растениеводства. – С-Пб.: Гидрометеоздат, 1994. – 243 с

## ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ ИЗ-ЗА ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

К.Э. Нарымбетов, С.С. Байшоланов

**Аннотация.** В статье дается оценка текущим агроклиматическим условиям Павлодарской области и ее будущим изменениям. Для этого изучались показатели тепла, влажности и засухи вегетационного периода. Вегетационный период в регионе хорошо обеспечен. На большей части региона вегетационный период характеризуется «недостаточным увлажнением» и «слабой засухой». Прогноз изменения климата до 2050 года приведет к увеличению запасов тепла в вегетационный период, ухудшению влажных условий и усилению засухи.

**Ключевые слова:** агроклимат, растительность, засуха, осадки, влажность.

## CHANGES OF AGROCLIMATE SITUATION IN PAVLODAR REGION DUE TO CLIMATE WARMING

K.E. Narymbetov, S.S. Baisholanov

**Annotation.** The article assesses the current agro-climatic conditions of Pavlodar region and its future changes. For this purpose, heat, moisture and drought indicators of the growing season were studied. The growing season is well provided in the region. In most parts of the region, the growing season is characterized by "insufficient moisture" and "weak drought." Climate change forecast until 2050 will lead to an increase in heat reserves during the growing season, worsening of humid conditions and increased drought.

**Keywords:** agroclimate, vegetation, drought, precipitation, humidity.

**Авторлар туралы мәлімет:**

Нарымбетов К.Е – магистрант АИУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан, +77071890700, [kamalnarymbetov@gmail.com](mailto:kamalnarymbetov@gmail.com). Байшоланов С.С. – г.ғ.к., доцент, бас ғылыми қызметкер, «Астана» ХФК, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

**Информация об авторах:**

Нарымбетов К.Е. - магистрант АИУ, Нур-Султан, Казахстан, +77071890700, [kamalnarymbetov@gmail.com](mailto:kamalnarymbetov@gmail.com). Байшоланов С.С. – к.ғ.н., доцент, главный научный сотрудник ИПЦ «Астана», г. Нур-Султан, Казахстан.

**Information about the authors:**

Narymbetov KE - undergraduate AIU, Nur-Sultan, Kazakhstan, +77071890700, [kamalnarymbetov@gmail.com](mailto:kamalnarymbetov@gmail.com). Baisholanov SS - Candidate of Sciences, Associate Professor, Chief Researcher, ISC "Astana", Nur-Sultan, Kazakhstan

# БИОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

К.Е. Нарымбетов<sup>1</sup>, С.С.Байшоланов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> магистрант АІУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан,

<sup>2</sup> Г.ғ.к., доцент, бас ғылыми қызметкер, «Астана» ХҒК, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

[kamalnarymbetov@gmail.com](mailto:kamalnarymbetov@gmail.com)

**Аннотация.** Статья посвящена оценке климата Павлодарской области для проживания человека, на основе биоклиматических индексов. Установлено, что климат Павлодарской области является континентальным, для проживания человека лето характеризуется как комфортно-теплое, а зима - как умеренно-суровая. В течение последних 40 лет имело место рост и понижение эффективной температуры воздуха, но с 2011 года наблюдается ее рост. При этом растет неустойчивость погодных условий. К 2050 году ожидается смягчение климатических условий для проживания человека в зимний период, и более теплых субкомфортных условий (ближе к жаркой) в летний период года.

**Ключевые слова:** биоклиматические индексы, эффективная температура, радиационно-эквивалентно-эффективная температура, индекс суровости

## ВВЕДЕНИЕ

Павлодарская область расположена в северо-восточной части Казахстана. Площадь территории области составляет 124,8 тыс. км<sup>2</sup>. Протяженность территории области с севера на юг составляет около 500 км, а с запада на восток – более 400 км.

На территории Павлодарской области выделяются лесостепная, степная и сухостепная природные зоны. Северо-восточную часть области занимает равнина Кулынды. На севере и северо-востоке располагается Прииртышская равнина. Южная и юго-западная части области находятся в северо-восточной части степи Сарыарка.

Климат области достаточно благоприятный для проживания людей и ведения сельского хозяйства. Однако зима бывает холодной, особенно в северной части области. Для оценки климатических условий для проживания человека используются различные биоклиматические индексы [1-5].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе были использованы данные метеорологических станции РГП «Казгидромет» МЭГПР РК, за период 1981-2020 гг.

Континентальность климата была оценена по индексу Л. Горчинского (k) [6]. По данному индексу в мягком морском климате  $k < 20$ , в умеренно морском –  $k = 20,1-30\%$ , в умеренно континентальном -  $k = 30,1-50\%$ , в континентальном –  $k = 50,1-70\%$ , в резко континентальном –  $k = 70,1-90\%$ , в сильно континентальном климате  $k > 90\%$ .

Оценку благоприятности климатических условий для проживания человека можно проводить с помощью биоклиматических индексов [1-5]:

- Эффективная температура неподвижного воздуха (ЭТ);
- Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ);
- Индекс суровости по Бодману (S);
- Радиационно-эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ);
- Нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ).

Уравнения биоклиматических индексов включают в себе температуру и влажность воздуха, скорость ветра и солнечную радиацию.

Эффективная температура неподвижного воздуха (ЭТ):

$$\text{ЭТ} = t - 0,4(t - 10)(1 - f/100) \quad (1)$$

где  $f$  – относительная влажность воздуха;  $t$  – температура воздуха, °С.

Таблица 1 - Критерии оценки комфортности климата по ЭТ

Диапазон ЭТ, °С	Теплоощущение	Нагрузка
более 30	очень жарко (дискомфорт)	сильная
30-24	жарко (теплый субкомфорт)	умеренная
24-18	тепло (комфортно-тепло)	комфортно
18-12	умеренно тепло (комфортно-тепло)	
12-6	прохладно (прохладный субкомфорт)	умеренная
6-0	умеренно прохладно (холодовой дискомфорт)	
0 – минус 12	холодно	
минус 12 – минус 24	очень холодно	сильная угроза обморожения
минус 24 – минус 30	крайне холодно	очень сильная угроза обморожения
ниже минус 30		чрезвычайно высокая вероятность замерзания

Индекс суровости по Бодману (S):

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,27v) \quad (2)$$

где  $S$  – индекс суровости (баллы),  $t$  - температура воздуха (°С),  $v$  – скорость ветра, м/с;

Для оценки суровости зимы используются следующие критерии по  $S$ :

- $S = 1$  – зима не суровая, мягкая;
- $S = 1-2$  – зима мало суровая;
- $S = 2-3$  – умеренно суровая;
- $S = 3-4$  – суровая;
- $S = 4-5$  – очень суровая;
- $S = 5-6$  – жестко суровая;
- $S > 6$  – крайне суровая.

Радиационно-эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ):

$$\text{РЭЭТ} = 1251g[1 + 0,02t + 0,001(t - 8)(f - 60) - 0,45(33 - t)\sqrt{v + 185B}] \quad (3)$$

где  $t$  - температура воздуха, °С;  $f$  - относительная влажность воздуха, %;  $v$  - скорость ветра, м/с;  $B$  - поглощенная поверхностью солнечная радиация, кВт/м<sup>2</sup>.

РЭЭТ также можно рассчитать по формуле:

$$\text{РЭЭТ} = 0,83\text{ЭЭТ} + 12. \quad (4)$$



РЭЭТ характеризуется как самый информативный индекс:

- дискомфорт: менее 17°C;
- субкомфорт: 17-21°C;
- комфорт: 21–27°C;
- субкомфорт: 27-32°C;
- дискомфорт: более 32°C.

Для характеристики будущего климата были использованы вероятностные прогнозы средней месячной температуры воздуха и месячных сумм осадков, подготовленные группой экспертов климатологов РГП «Казгидромет» МЭ РК. Нами в расчетах были использованы прогнозы температуры воздуха за 20-ти летний период (2040-2059 гг.), с серединой в 2050 году. Использовалась прогноз по сценарию изменения климата: РТК8.5 – изменение климата по сценарию с весьма высоким уровнем выбросов парниковых газов [7].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для территории Павлодарской области свойственно широтное распределение температуры воздуха. Средняя годовая температура воздуха по территории области меняется с севера на юг от 2,3°C до 3,9°C. Среднемесячная температура воздуха достигает наибольшего значения в июле, а наименьшего – в январе.

Средняя за июль температура воздуха растет с севера на юг от 20,3 до 21,9°C, а средняя за январь – уменьшается с севера на юг от минус 17,4 до минус 12,8°C.

Абсолютная максимальная температура воздуха составляет 42°C (МС Михайловка, МС Ертис, МС Шалдай, а абсолютная минимальная температура воздуха - минус 49°C (МС Шалдай).

По территории области разность температуры января и июля колеблется от 33,1 до 38,3°C.

Наши расчеты показали, что индекс континентальности по Л. Горчинскому по территории области колеблется от 53 до 62, и соответственно климат области является континентальным.

В области весна начинается в конце марта – начале апреля и продолжается в течение около 50 суток. Лето наступает в период 20-25 мая и продолжается в течение 95-110 суток. Осень начинается на севере области в конце августа, на юге – в начале сентября. Зима наступает в конце октября и бывает очень продолжительной, около 150-160 суток. Соответственно, в Павлодарской области продолжительность зимы составляет более 5 месяцев, лета - 3,5 месяца, весны - 1,5 месяца, а осени – чуть менее 2 месяцев.

Степень благоприятности климатических условий теплого периода для проживания человека оценивалась по данным июля, с помощью ЭТ и РЭЭТ. Согласно расчетам, июль месяц оценивается по значениям ЭТ – как «комфортно теплый», по РЭЭТ – «комфортно» (таблица 2).

Степень благоприятности климатических условий холодного периода года была оценена по данным января, с помощью ЭТ и S. Почти вся территория области в январе оценивается по значениям ЭТ – как «очень холодно», кроме крайнего юга (МС Баянауыл) – «холодно».

По индексу Бодмана S кроме температуры воздуха учитывается и скорость ветра. В основном для северной части закономерна суровая, для южной части - умеренно суровая зима. Однако за счет большей скорости ветра в некоторых территориях центральной и южной частей области январь также является суровой (таблица 3). Например, в районе МС Актогай, МС Экибастуз и МС Баянауыл, где в январе средняя скорость ветра превышает 4,2 м/с.

Таким образом, по значениям биоклиматических индексов можно заключить, что для проживания человека климат Павлодарской области является летом как комфортно теплый, а зимой - как умеренно суровый.

Таблица 2 – Биоклиматические индексы июля в условиях современного климата

МС	ЭТ, °С		РЭЭТ, °С	
Михайловка	18,9	комфортно тепло	24,1	комфортно
Ертис	19,2	комфортно тепло	25,1	комфортно
Актогай	19,5	комфортно тепло	24,2	комфортно
Павлодар	19,7	комфортно тепло	24,7	комфортно
Экибастуз	19,4	комфортно тепло	24,2	комфортно
Коктобе	19,9	комфортно тепло	25,0	комфортно
Баянауыл	18,5	комфортно тепло	23,3	комфортно

Таблица 3 – Биоклиматические индексы января в условиях современного климата

МС	ЭТ, °С		S, балл	
Михайловка	-15,0	очень холодно	3,1	суровая
Ертис	-14,2	очень холодно	2,9	умеренно суровая
Актогай	-14,9	очень холодно	3,8	суровая
Павлодар	-14,1	очень холодно	3,0	умеренно суровая
Экибастуз	-12,3	очень холодно	3,4	суровая
Коктобе	-13,2	очень холодно	3,0	умеренно суровая
Баянауыл	-10,4	холодно	3,2	суровая

На рисунках 1 и 2 представлены динамики изменения ЭТ января и ЭТ июля за период с 1981 по 2020 год. На обоих графиках тенденция изменения ЭТ января и ЭТ июля схожи. В период с 1981 по 1991 год наблюдался рост ЭТ, далее – снижение, а с 2011 года наблюдается постепенный рост ЭТ. При этом ЭТ из года в год колеблется в широких пределах, т.е. растет неустойчивость. Например, ЭТ января меняется от минус 6,0 °С (2002 г.) до минус 24,0 °С (2006 г.), что характеризует условие «холодно» и «очень холодно». ЭТ июля меняется от 16,5 °С (2001 г.) до минус 21,5 °С (2012 г.), что характеризует условие «умеренно тепло» и «тепло».

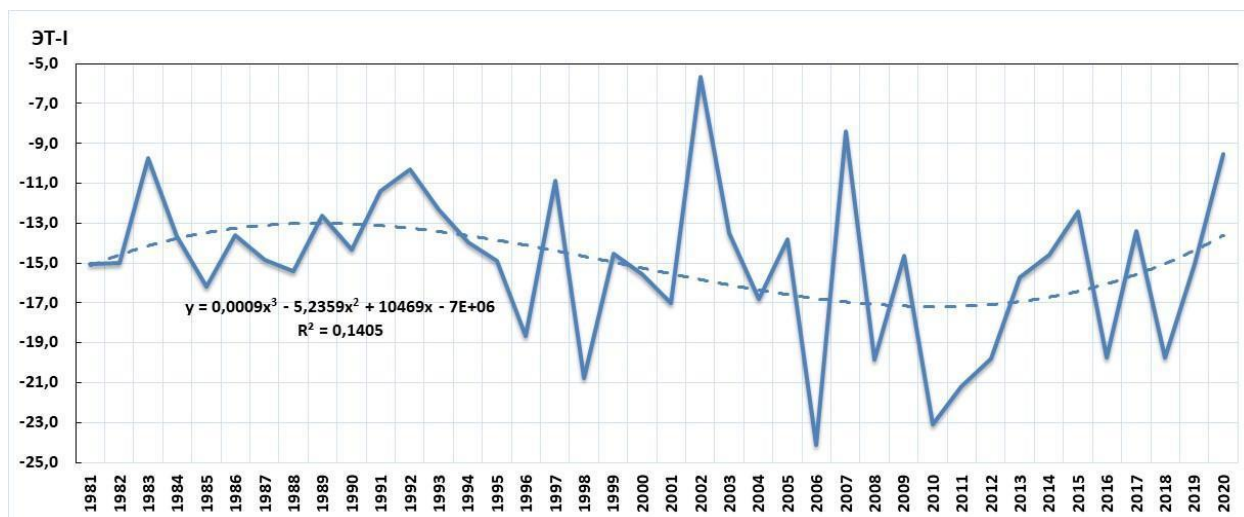


Рисунок 1 - ЭТ января на МС Михайловка

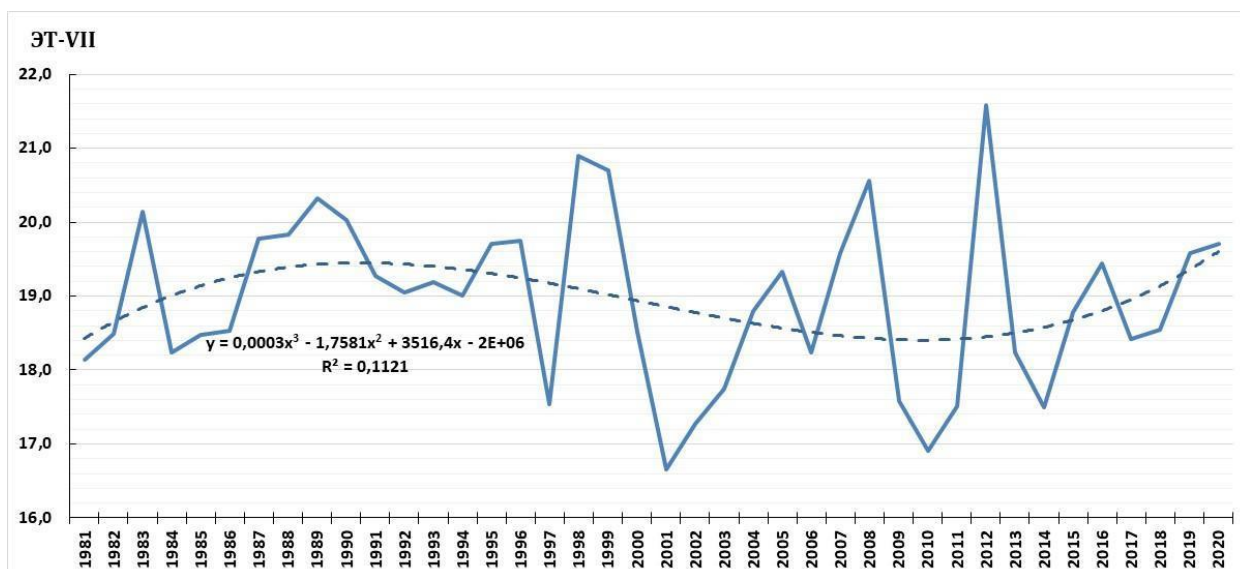


Рисунок 2 - ЭТ июля на МС Михайловка

Также были рассчитаны биоклиматические индексы июля и января в условиях климата 2050 годов, по сценарию изменения климата РТК8.5. Результаты расчетов приведены в таблицах 4 и 5.

При ожидаемых условиях повышения температуры воздуха к 2050 году, согласно сценарию изменения климата РТК 8.5, в июле значения ЭТ в среднем увеличатся на 2,5°C, но останутся в пределах категории «комфортно тепло». Значения РЭЭТ к 2050 году в среднем увеличатся на 2,8 °С, и на некоторых МС (Михайловка, Ертис, Павлодар, Коктобе) условие переходит от категории «комфортно» в категорию «субкомфортно», в сторону более жарких условий.

Таблица 4 – Биоклиматические индексы июля в условиях климата 2050 года, по сценарию РТК8.5

МС	ЭТ, °С		РЭЭТ, °С	
Михайловка	21,7	комфортно тепло	27,1	субкомфортно
Ертис	21,9	комфортно тепло	27,9	субкомфортно
Актогай	21,8	комфортно тепло	26,9	комфортно
Павлодар	22,3	комфортно тепло	27,7	субкомфортно
Экибастуз	21,5	комфортно тепло	26,5	комфортно
Коктобе	22,4	комфортно тепло	27,8	субкомфортно
Баянауыл	21,0	комфортно тепло	26,1	комфортно

При ожидаемых условиях повышения температуры воздуха к 2050 году, согласно сценарию изменения климата РТК 8.5, в январе значения ЭТ увеличатся в среднем на 2,8°C, и переходит от категории «очень холодно» в категорию «холодно».

Значения S к 2050 году в среднем увеличатся на 0,3 балла, и на МС Михайловка и МС Баянауыл переходит от категории «суровая» в категорию «умеренно суровая».

Таблица 5 – Биоклиматические индексы января в условиях климата 2050 года, по сценарию РТК8.5

МС	ЭТ, °С		S, балл	
Михайловка	-11,8	холодно	2,8	умеренно суровая
Ертис	-10,4	холодно	2,6	умеренно суровая
Актогай	-11,7	холодно	3,5	суровая
Павлодар	-10,9	холодно	2,7	умеренно суровая
Экибастуз	-10,9	холодно	3,3	суровая
Коктобе	-10,3	холодно	2,8	умеренно суровая
Баянауыл	-8,5	холодно	2,8	умеренно суровая

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в Павлодарской области климат является континентальным, для проживания человека лето характеризуется как комфортно-теплое, а зима - как умеренно-суровая.

В течение последних 40 лет наблюдался рост и снижение ЭТ января и ЭТ июля, но с 2011 года наблюдается их постепенный рост. При этом ЭТ из года в год колеблется в широких пределах, т.е. растет неустойчивость погодных условий.

К 2050 году ожидается смягчение климатических условий для проживания человека в зимний период, и более теплых субкомфортных условий (ближе к жаркой) в летний период года.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биоклиматические индексы в оценке воздействия современного потепления климата на условия жизни населения России /В.В. Виноградова // Известия РАН. Сер. Геогр. 2009. - №3. С. 82-89.
2. Адаменко В.Н. Оценка условий пребывания человека на открытом воздухе зимой с учетом микроклимата застройки / В.Н. Адаменко, К.Ш. Хайруллин // Труды ГГО. 1969. - Вып. 248. С. 74-81.
3. Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей / Томск: ТГУ, 1981. 86 с.
4. Головина Е.Г. Некоторые вопросы биометеорологии: учеб. пособие / Е.Г. Головина, В.И. Русанов. СПб.: изд. РГГМИ, 1993. 90 с.
5. Бутьева И.В. Методические вопросы интегрального анализа медико-климатических условий // И.В. Бутьева, Т.Г. Швейнова. Комплексные биоклиматические исследования. М., 1988. С. 97-108.
6. Хромов С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 499 с.
7. Седьмое национальное Сообщение и третий двухгодичный Доклад Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Астана, 2017. – 304 с.

## ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫ АЙМАҒЫН БИОКЛИМАТИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ

**К.Е. Нарымбетов, С.С.Байшоланов**

**Аннотация.** Мақала биоклиматтық индекстерге сүйене отырып, Павлодар облысының климатын адамның тұруы үшін бағалауға арналған. Павлодар облысының климаты континентальды екендігі анықталды, адамдар өмір сүру үшін жаз жайлы, жылы қыс, ал орташа қатал сияқты сипатталады. Соңғы 40 жылда тиімді ауа температурасының жоғарылауы мен төмендеуі болды, бірақ 2011 жылдан бастап оның өсуі байқалды. Сонымен бірге ауа-райының тұрақсыздығы күшейіп келеді. 2050 жылға қарай адамның қыста тұруы үшін климаттық жағдайлар жұмсарады, ал жылдың жазғы кезеңінде жылы қолайсыз жағдайлар (ыстыққа жақын) болады деп күтілуде.

**Түйінді сөздер:** биоклиматтық көрсеткіштер, тиімді температура, радиациялық эквивалентті тиімді температура, ауырлық индексі

**BIOCLIMATIC ASSESSMENT OF THE TERRITORY OF PAVLODAR REGION****K.E. Narymbetov, S.S. Baysholanov**

Annotation. The article is devoted to the assessment of the climate of the Pavlodar region for human habitation, based on bioclimatic indices. It has been established that the climate of Pavlodar region is continental, for human habitation, summer is characterized as comfortably warm, and winter - as moderately severe. Over the past 40 years, there has been an increase and decrease in the effective air temperature, but since 2011 its growth has been observed. At the same time, the instability of weather conditions increases. By 2050, it is expected that climatic conditions for human living in winter will soften, and warmer subcomfortable conditions (closer to hot) in summer.

Key words: bioclimatic indices, effective temperature, radiation-equivalent effective temperature, severity index

**Авторлар туралы мәлімет:**

Нарымбетов К.Е. – магистрант АІУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан, +77071890700, [kamalnarymbetov@gmail.com](mailto:kamalnarymbetov@gmail.com). Байшоланов С.С. – г.ғ.к., доцент, бас ғылыми қызметкер, «Астана» ХФК, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

**Информация об авторах:**

Нарымбетов К.Е. - магистрант АІУ, Нур-Султан, Казахстан, +77071890700, [kamalnarymbetov@gmail.com](mailto:kamalnarymbetov@gmail.com). Байшоланов С.С. – к.ғ.н., доцент, главный научный сотрудник ИПЦ «Астана», г. Нур-Султан, Казахстан.

**Information about the authors:**

Narymbetov KE - undergraduate AIU, Nur-Sultan, Kazakhstan, +77071890700, [kamalnarymbetov@gmail.com](mailto:kamalnarymbetov@gmail.com). Baisholanov SS - Candidate of Sciences, Associate Professor, Chief Researcher, ISC "Astana", Nur-Sultan, Kazakhstan