

УДК 911.6

DOI 10.17513/use.38248

## РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СТЕПНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА И СОПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ПО УСЛОВИЯМ ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ

<sup>1</sup>Мезенцева О.В., <sup>2</sup>Кусаинова А.А., <sup>3</sup>Тусупбеков Ж.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет»,  
Омск, e-mail: mezolga@yandex.ru;

<sup>2</sup>НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,  
Караганда, e-mail: aimarh@mail.ru;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»,  
Омск, e-mail: gggkiovr@mail.ru

**Аннотация.** Данное исследование посвящено разделению территории на зоны в соответствии с гидролого-климатическими характеристиками, которое предусматривает создание группировок областей, характеризующихся схожими условиями по тепловому и влажностному режимам. Эти зоны играют важную роль в определении географического распределения и направления развития сельского хозяйства. Для оценки природных гидроклиматических ресурсов было проведено разделение территории на различные зоны согласно основным гидролого-климатическим показателям в течение вегетационного периода. Целью данного исследования является районирование территории степной зоны Северного Казахстана и сопредельной территории России по условиям тепло- и влагообеспеченности. Исследование динамики коэффициента увлажнения в современный период (1991–2020 гг.) по сравнению с базовым периодом (1961–1990 гг.) выявило уменьшение этого показателя на восьми метеостанциях, а также небольшой рост коэффициента увлажнения на четырех метеостанциях. На основе анализа теплового и водного баланса за вегетационный период и оценки влагообеспеченности территории Северного Казахстана и соседних регионов России по коэффициенту увлажнения были выделены следующие зоны: зона с недостаточной влагообеспеченностью и избыточным тепловым режимом; зона с чрезмерно низкой влажностью и избыточным тепловым режимом. По рассчитанным значениям составлены картосхемы полей изолиний, отражающие условия увлажнения, которые послужили основой районирования территории по степени тепло- и влагообеспеченности.

**Ключевые слова:** районирование, тепло- и влагообеспеченность, коэффициент увлажнения, дефицит увлажнения, юг Западной Сибири, Северный Казахстан

## ZONING OF THE TERRITORY OF THE STEPPE ZONE OF NORTHERN KAZAKHSTAN AND THE ADJACENT TERRITORY OF RUSSIA ACCORDING TO THE CONDITIONS OF HEAT AND MOISTURE SUPPLY

<sup>1</sup>Mezentseva O.V., <sup>2</sup>Kusainova A.A., <sup>3</sup>Tusupbekov Zh.A.

<sup>1</sup>Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: mezolga@yandex.ru;

<sup>2</sup>Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, e-mail: aimarh@mail.ru;

<sup>3</sup>P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University, Omsk, e-mail: gggkiovr@mail.ru

**Annotation.** This study is devoted to the division of the territory into zones in accordance with the hydrological and climatic characteristics, which provides for the creation of groupings of areas characterized by similar conditions in terms of thermal and humidity conditions. These zones play an important role in determining the geographical distribution and direction of agricultural development. To assess the natural hydro-climatic resources, the territory was divided into different zones according to the main hydrological and climatic indicators during the growing season. The purpose of this study is to zone the territory of the steppe zone of Northern Kazakhstan and the adjacent territory of Russia according to the conditions of heat and moisture supply. A study of the dynamics of the humidification coefficient in the modern period (1991–2020) compared with the base period (1961–1990) revealed a decrease in this indicator at 8 weather stations as well as a slight increase in the humidification coefficient at 4 weather stations. Based on the analysis of the thermal and water balance during the growing season and the assessment of moisture availability in the territory of Northern Kazakhstan and neighboring regions of Russia, the following zones were identified according to the moisture coefficient: an area with insufficient moisture supply and excessive thermal regime; an area with excessively low humidity and excessive thermal regime. Based on the calculated values, contour maps were compiled reflecting the humidification conditions, which served as the basis for dividing the territory according to the degree of availability of heat and moisture.

**Keywords:** zoning, heat and moisture availability, moisture coefficient, moisture deficiency, south of Western Siberia, Northern Kazakhstan

На формирование и функционирование природных геосистем определяющее воздействие оказывает совокупность эколого-географических факторов зонального и локального масштаба и их взаимодействие на разном уровне их развития. В то же время

решающую роль в развитии природно-территориальных комплексов играют ресурсы тепла и влаги.

Территория Северного Казахстана является одним из основных центров агропромышленного комплекса Республики Казахстан. Благодаря наиболее оптимальным по тепло- и влагообеспеченности (по сравнению с остальной частью республики) условиям территория является важным центром не только растениеводства, но и производства мясомолочной продукции.

В Северном Казахстане основные агроклиматические условия определяются показателями доступности тепла и влаги в период вегетации [1, 2]. В связи с этим разделение территории по данным параметрам помогает в решении разнообразных задач сельского хозяйства как в практическом, так и в научном плане. Например, это облегчает дифференцирование по агроклиматическим условиям для различных сельскохозяйственных культур.

Такое районирование территории по агроклиматическим факторам включает разделение на различные зоны или районы, которые характеризуются схожими условиями внутри себя по режиму тепла и влажности. Эти зоны играют важную роль в географическом распределении и специализации сельского хозяйства. Для комплексной оценки агроклиматических условий выполняется районирование территории по основным показателям вегетационного периода. Для Северного Казахстана особую значимость имеют показатели доступности тепла и влаги в период вегетации.

Используя районирование территории по этим параметрам, решается ряд задач в сельском хозяйстве как на практическом, так и на теоретическом уровне. Это облегчает планирование выращивания сельскохозяйственных культур в соответствии с агроклиматическими условиями, упрощает определение оптимальных сроков для агротехнических работ (посевы, сбор урожая, обработка почвы и т.д.), а также распределение рисков метеорологических явлений и т.д. Этот подход позволяет систематизировать данные и улучшить практику сельского хозяйства на данной территории.

Целью данного исследования является районирование территории степной зоны Северного Казахстана и сопредельной территории России по условиям тепло- и влагообеспеченности.

## Материалы и методы исследования

Для проведения исследования выбраны территория Северного Казахстана и сопредельная территория России, где расположены 12 метеостанций: Макушино, Щучинск, Исилькуль, Ишим, Благовещенка, Полтавка, Ерейментау, Иртышск, Павлодар, Есиль, Рузаевка и Атбасар. Исходными данными послужили результаты метеонаблюдений за 1961–2020 гг. [3]. 60-летний интервал исследования поделен на два периода: базовый (1961–1990 гг.) и современный (1991–2020 гг.). В работе использовались картографический и статистический методы и метод гидролого-климатических водно-балансовых расчетов. Метод гидролого-климатических расчетов (ГКР) разработал в 1957 г. В.С. Мезенцев и применил его для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажнения и теплообеспеченности. В настоящее время на основе метода ГКР исследованы малоизученные в гидролого-климатическом отношении территории не только современной России, но и других приграничных территорий.

## Результаты исследования и их обсуждение

В агроклиматических справочниках 1958 и 2006 гг. для проведения районирования территории использовались различные методы, включая гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) за период с температурой выше 10°C и сумма активных температур воздуха выше 10°C. Границы зон уточнялись с учетом данных почвенных и геоботанических карт. В научно-прикладном справочнике по агроклиматическим ресурсам северных областей Казахстана, выпущенной в Институте географии Министерства образования и науки Республики Казахстан под ред. С.С. Байшоланова [4], был использован коэффициент увлажнения за вегетативный период (май – август) и сумма активных температур воздуха выше 10 °С для агроклиматического зонирования территории.

Работы И.В. Карнацевича и О.В. Мезенцевой [5] рассматривали зоны хозяйственного оптимума увлажнения и динамику полей характеристик увлажнения с учетом естественных колебаний в пределах солнечного цикла при повторяемости сухих и влажных лет не реже чем 1 раз в 5 лет. Из исследований выяснилось, что опти-

мальные условия для большинства сельскохозяйственных культур характеризуются средним годовым коэффициентом увлажнения от 0,65 до 1,00 и дефицитом увлажнения от –300 до 0 мм (май – август), а относительная влажность почвы должна быть в диапазоне от 0,6 до 1,00.

Районы юга Западной Сибири и Северного Казахстана, находящиеся в лесостепной природной зоне, соответствуют условиям нижнего оптимума увлажнения почвы – недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности в сухой год и оптимального увлажнения в средний год и во влажный год с повторяемостью 1 раз в 5 лет. В пределах степной зоны величин увлажнения соответствуют условиям весьма недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности в средний год и сухой год, а также недостаточного увлажнения во влажный год с повторяемостью 1 раз в 5 лет. В некоторых регионах Кулундинской равнины и на территории Казахского мелкосопочника [5, 6] выделена зона весьма недостаточного увлажнения.

Для расчета дефицита увлажнения и коэффициента увлажнения ранее использовался метод, предложенный Э.М. Ольдекопом, который заменил величину испаряемости (верхний предел испарения) или испарения с водной поверхности на величину максимально возможного испарения  $Z_m$ . Таким образом он предложил объединить понятия максимального испарения и тепловые ресурсы местного климата. Равенство нулю дефицита увлажнения и значение коэффициента увлажнения, равное единице, определяют оптимальные условия тепловлажностного режима. Применение этого подхода позволяет решить задачи по выявлению избыточного и недостаточного увлажнения и определить эффективные мероприятия при решении водных проблем [7]. Развитие этого подхода произошло при переходе к энергетическому выражению теплоэнергетических ресурсов климата и использованию для их количественной оценки водного эквивалента в миллиметрах слоя воды. Этот подход был осуществлен в работах В.С. Мезенцева и И.В. Карнацевича. Он позволил значительно уточнить структуры уравнений теплового и водного баланса для континентов и отдельных территорий, изучить динамику и пространственное распределение характеристик.

Математическая модель метода гидролого-климатических расчетов В.С. Мезенцева используется для анализа перераспре-

деления влаги внутри сезонов и расчетов водного баланса на различных временных интервалах, включая посуточные, месячные и декадные значения. Это позволяет выполнять расчеты элементов водного баланса ежемесячно и декадно (и даже посуточно при наличии исходной информации), в том числе и за реальные годы [8].

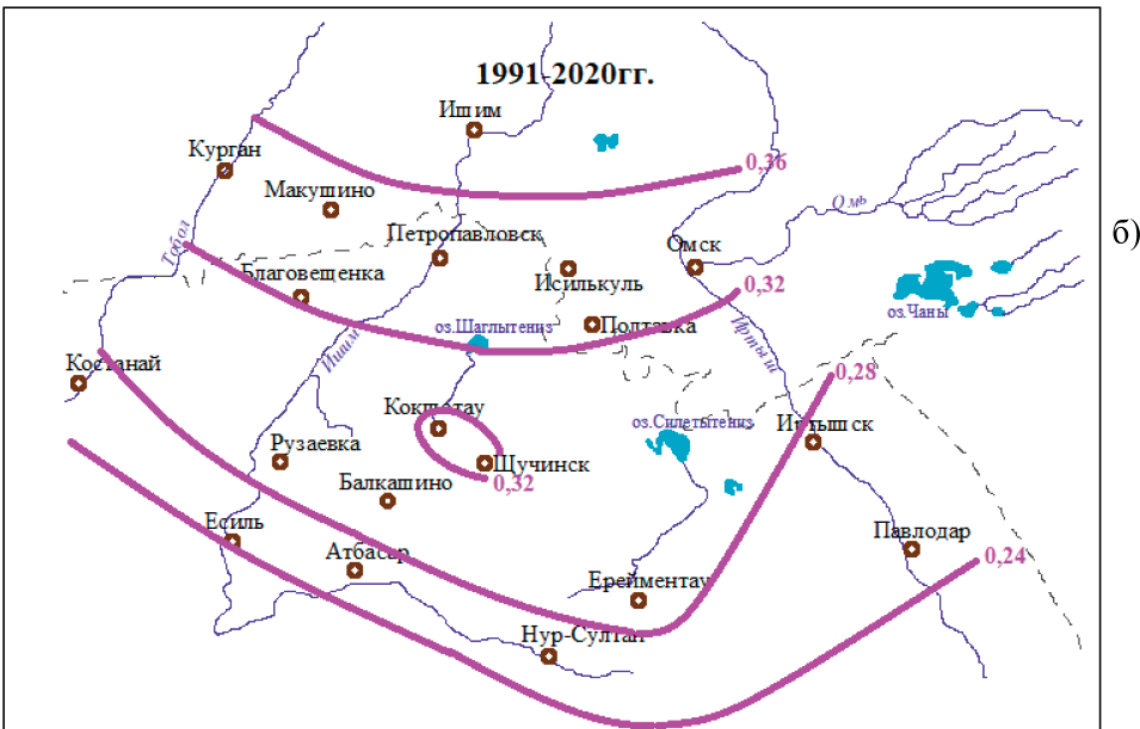
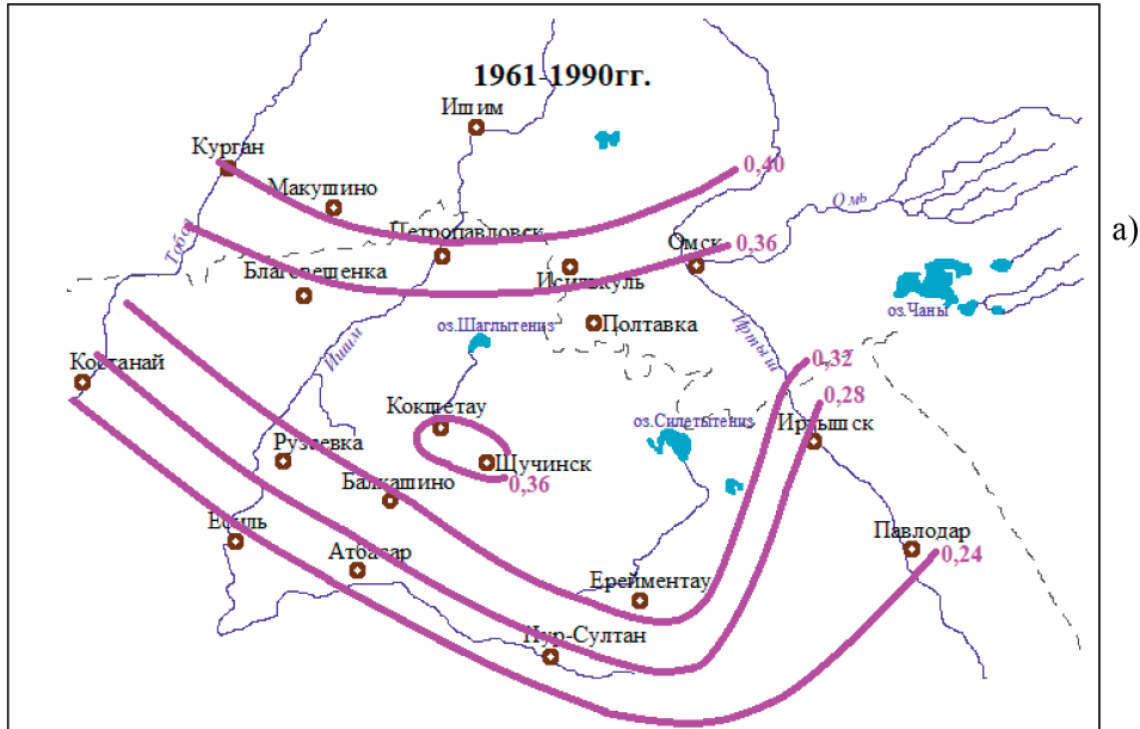
Исходя из полученных авторами данных по расчетам характеристик теплового и водного баланса за вегетационный период по различным метеостанциям и анализу тепло- и влагообеспеченности территорий Северного Казахстана и сопредельной территории Западной Сибири, были выявлены следующие области с различными значениями коэффициента увлажнения:

$\beta_{кх} = 0,30-0,45$  – районы недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности;

$\beta_{кх} < 0,30$  – районы весьма недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности.

Выделяется область вблизи метеостанции Щучинск, где коэффициент увлажнения превышает 0,30. Это обусловлено уникальными географическими особенностями, такими как лесостепные, лесные и озерные ландшафты, а также характеристикой рельефа. Метеостанция Щучинск расположена на Кокшетауской возвышенности, где рельеф местности имеет высоту от 600 до 950 м. Это создает барьер для воздушных масс, способствуя увеличению конденсации влаги и повышению уровня осадков. В целом закономерность в территориальном распределении  $\beta_{кх}$  носит зональный характер с уменьшением с севера на юг.

Для анализа многолетней изменчивости данной характеристики, с учетом тенденции многолетнего колебания климата, которая, по данным гидрометеорологических наблюдений, на изучаемой территории за последние несколько десятков лет явно проявляется в виде повышения температуры воздуха, были выполнены исследования за два многолетних периода. Анализ изменения полей изолиний коэффициента увлажнения  $\beta_{кх}$  базового (1961–1990 гг.) и современного периодов (1991–2020 гг.) выявило его снижение на восьми метеостанциях: Макушино на –0,08, Щучинск на –0,05, Исилькуль на –0,03, Ишим, Благовещенка, Полтавка, Ерейментау на –0,02, Иртышск на –0,01. Также обнаружено незначительное его увеличение на четырех метеостанциях: Павлодар, Есиль, Рузаевка и Атбасар на +0,01 (рис. 1 а, б).



*Коэффициент увлажнения за вегетационный период (май – август) для Северного Казахстана и сопредельной территории России в базовом (а) и современном (б) периодах*

На картосхемах с ходом времени видно некоторое смещение изолиний к северу при сохранении характера территориального распределения коэффициента увлажнения вегетационного периода. Таким образом,

в последние десятилетия прослеживается процесс увеличения сухости вегетационного периода на исследуемой территории. Граничным значением выделения районов по увлажнению можно считать  $\beta_{кх} = 0,3$ ,

отделяющее влажные степные ландшафты от сухих степных условий.

В лесостепных районах анализированные метеорологические данные, описанные в работе [9], указывают на устойчивый тренд увеличения температуры, сопровождающийся ростом дефицита атмосферного увлажнения вегетационного периода и увеличением частоты и длительности засушливых периодов. Кроме того, наблюдается высокая вариабельность и контрастность осадков в разные годы, особенно заметная в летние и зимние сезоны.

Для степных и лесостепных ландшафтов атмосферное увлажнение, в том числе запасы снега, является основным источником увлажнения, которое впоследствии отражается на качестве и плодородности почвенного покрова сельскохозяйственных угодий.

В конце XX в. и в первых десятилетиях XXI в. в странах Центральной Азии последствия сельскохозяйственных засух отражаются негативным образом на экономике, экологии и социальных сферах. Они стали характерным явлением в регионе, в совокупности с изменениями климата и возрастающей антропогенной нагрузкой, угрожают водной безопасности территории. Ввиду расположения большей части территории Центральной Азии в аридных и полупустынных зонах, засухи относятся к числу пагубных природных процессов [10]. Природа засухи непосредственно связана с дефицитом влаги на территории. Увеличение температуры воздуха в течение вегетационного периода, сопровождаемое дефицитом увлажнения, создает неблагоприятные агроклиматические условия, такие как недостаток почвенной влаги, снижение речного стока, возникновение засух и пр.

### Выводы

Смещение значений изолиний  $\beta_{кх}$  на картах по периодам говорит о временной динамике естественного увлажнения за вегетационный период в сторону снижения. Исходя из районирования территории по увлажнению вегетационного периода можно сделать вывод о том, что исследуемая территория испытывает значительный дефицит влаги в теплый сезон, что безусловно влияет на условия и методы аграрного природопользования. Исследования условий естественного увлажнения, проведенные для степной зоны, существенно дополняют научные представления о водном балансе Северного Казахстана и соседних территорий Западной Сибири.

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Анализ гидролого-климатических зон на юге Западной Сибири и в Северном Казахстане в пределах лесостепной и степной природных зон показывает соответствие условий увлажнения ниже оптимального уровня.

2. В исследованиях В.С. Мезенцева были выделены гидролого-климатические зоны на территории юга Западной Сибири в зависимости от сочетания уровня увлажнения и теплообеспеченности: зона недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности, а также зона весьма недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности.

3. Результаты расчетов элементов теплового и водного балансов за вегетационный период (май – август) для 12 метеостанций позволили определить состояние территории Северного Казахстана и сопредельной территории России за базовый (1961–1990 гг.) и современный (1991–2020 гг.) периоды.

4. Изменение коэффициента увлажнения в современном периоде по сравнению с базовым выявлено на восьми метеостанциях, где отмечается его снижение, и на четырех метеостанциях, где наблюдается незначительное увеличение.

5. На основе анализа результатов расчетов элементов теплового и водного балансов и оценки тепло- и влагообеспеченности выделены районы с различными значениями коэффициента увлажнения:  $\beta_{кх} = 0,30-0,45$  – районы недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности;  $\beta_{кх} < 0,30$  – районы весьма недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности.

6. Граничным значением выделения районов по увлажнению вегетационного периода следует считать  $\beta_{кх} = 0,3$ , отделяющее «влажные» степные ландшафты от «сухих» степных условий.

Выделение границы между влажными и сухими степными районами в условиях Северного Казахстана с учетом временной динамики показателей естественного увлажнения вегетационного периода за последние десятилетия дает возможность аграрному комплексу выбирать направление развития агротехнических мероприятий и методы адаптивного земледелия. Результаты исследования могут быть полезны субъектам сельскохозяйственного производства республики Казахстан и сопредельных территорий России.

**Список литературы**

1. Байшоланов С.С. О проблемах агрометеорологического прогнозирования в Казахстане // Вестник КазГУ. Серия географическая. 2001. Вып. 1 (11). С. 32–37.
2. Байшоланов С.С., Павлова В.Н., Жакиева А.Р., Чернов Д.А., Габбасова М.С. Агроклиматические ресурсы Северного Казахстана // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 1 (367). С. 168–184.
3. Метеорологический информационный сайт «Казгидромет» // Республиканское государственное предприятие «Казгидромет». Астана, 2024. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kazhydromet.kz> (дата обращения: 29.02.2024).
4. Байшоланов С.С. Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области: научно-прикладной справочник. Астана, 2017. 125 с.
5. Карнацевич И.В., Мезенцева О.В. Структуры водного баланса элементарных водосборов в районе Омска // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (23). С. 173–178.
6. Кусаинова А.А., Мезенцева О.В. Использование компьютерной системы Weather App для воднобалансовых расчетов с целью оценки элементов водного баланса и характеристик естественного увлажнения в северной части Казахстана // Успехи современного естествознания. 2018. № 11–2. С. 355–360.
7. Ряполова Н.Л., Тусупбеков Ж.А. Гидролого-климатические ресурсы увлажнения регионов для защиты от затопления и подтопления // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 1 (80). С. 102–108.
8. Карнацевич И.В., Акимова В.С. Расчеты элементарных дождевых паводков по данным стандартных метеонаблюдений // Омский научный вестник. 2014. № 1 (128). С. 193–200.
9. Кудерина Т.М., Сулова С.Б., Лунин В.Н., Кудиков А.В. Атмосферное увлажнение как фактор нейтрального баланса деградации земель лесостепных ландшафтов // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26, № 2 (83). С. 80–85.
10. Рысалиева Л.С., Сальников В.Г. Исследование атмосферной засухи в Центральной Азии // Географический вестник. 2021. № 2 (57). С. 110–120.