

С.М. Дуйсенбаев , Ж.А. Токтаров* , Ж.М. Сманов ,
А.С. Нысанбаева , О.Ж. Таукебаев , М.С. Рахимова 

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: zhalgass.toktarov@gmail.com

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ БАСЕЙНА РЕКИ ТАЛАС (казахстанская часть)

Рациональное использование земельных ресурсов бассейна реки Талас (Казахстанской части) в целях сельского хозяйства, в условиях динамичных климатических изменений, требует учета всех природных факторов, образующих современные природно-территориальные комплексы (ПТК). Дистанционные и полевые исследования современных ПТК исследуемой территории, указывают на неоднозначность влияния природных компонентов на их состояние. Ретроспективный взгляд с помощью методов дистанционного зондирования указывает на общую тенденцию ухудшения экологического состояния ПТК в результате дефицита водных ресурсов, усиления аридизации климата, не рационального антропогенного вмешательства в форме орошаемого земледелия. Научное и практическое значение представленной работы заключается в исследовании воздействия естественных и техногенных изменений составных компонентов пустынных ПТК и разработка мероприятий по ослаблению негативного влияния на современное состояние ПТК бассейна. Вариативность состояния ПТК зависит от состояния его компонентов, следовательно, целью предложенной работы определение изменений ведущих компонентов ПТК. Полученные результаты показывают, что современное состояние ПТК бассейна реки Талас формируется под совместным воздействием гидроклиматической изменчивости и антропогенной нагрузки. Наиболее существенные антропогенные воздействия связаны с изъятием речного стока на орошение и увеличением пастбищной нагрузки, тогда как изменение температуры воздуха, атмосферных осадков и влажности реки определяет межгодовую изменчивость состояния почвенно-растительного покрова. Представленная работа освещает вопросы изучения ПТК пустынь умеренного пояса, в котором указывается последовательность изменения природных компонентов для проведения мероприятий рационального использования ПТК бассейна в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: бассейн реки, природно-территориальный комплекс, природные компоненты, антропогенные факторы.

S.M. Duissenbayev, Zh.A. Toktarov*, Zh.M. Smanov,
A.S. Nyssanbayeva, O.Zh. Taukebayev, M.S. Rakhimova
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: zhalgass.toktarov@gmail.com

Current state of the components of natural territorial complexes i n the Talas river basin (Kazakhstan part)

The rational use of land resources in the Kazakhstan part of the Talas River Basin for agricultural purposes under conditions of dynamic climate change requires consideration of all natural factors that shape contemporary natural territorial complexes (NTCs). Remote sensing and field studies of the current NTCs within the study area indicate the complex and variable influence of natural components on their condition. A retrospective assessment based on remote sensing methods reveals a general trend toward deterioration in the ecological state of NTCs as a result of water-resource scarcity, increasing climate aridization, and unsustainable anthropogenic intervention in the form of irrigated agriculture. The scientific and practical significance of the present study lies in assessing the impacts of natural and anthropogenic changes in the constituent components of desert NTCs and in developing measures aimed at mitigating their negative effects on the current state of the basin's natural territorial complexes. The variability of NTC conditions depends on the state of their individual components; therefore, the aim of the present study is to identify changes in the key components of NTCs. The obtained results show that the current state of the NTCs of the Talas River Basin is shaped by the combined influence of hydroclimatic vari-

ability and anthropogenic pressure. The most significant anthropogenic impacts are associated with the withdrawal of river runoff for irrigation and increasing grazing pressure, whereas changes in air temperature, atmospheric precipitation, and river water availability determine the interannual variability of the soil and vegetation cover. The present study addresses the investigation of natural territorial complexes of temperate-zone deserts and identifies the sequence of changes occurring in their natural components, providing a basis for the development of measures for the rational agricultural use of the natural territorial complexes of the Talas River Basin.

Keywords: river basin, natural territorial complex, natural components, anthropogenic factors.

С.М. Дуйсенбаев, Ж.А. Тоқтаров*, Ж.М. Сманов,
А.С. Нысанбаева, О.Ж. Таукебаев, М.С. Рахимова

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: zhalgass.toktarov@gmail.com

Талас өзені алабының табиғи-аумақтық кешендері компоненттерінің қазіргі жағдайы (Қазақстан аумағындағы бөлігі)

Климаттың қарқынды өзгеруі жағдайында Талас өзені алабының Қазақстан аумағындағы бөлігінің жер ресурстарын ауыл шаруашылығы мақсатында ұтымды пайдалану қазіргі табиғи-аумақтық кешендерді (ТАК) қалыптастыратын барлық табиғи факторларды ескеруді талап етеді. Зерттеу аумағындағы қазіргі ТАК-тарға жүргізілген қашықтан зондтау және далалық зерттеулер табиғи компоненттердің олардың жағдайына күрделі әрі әрқелкі әсер ететінін көрсетеді. Қашықтан зондтау әдістеріне негізделген ретроспективалық талдау су ресурстары тапшылығының, климаттың аридтенуінің күшеюінің және суармалы егіншілік түріндегі ұтымсыз антропогендік ықпалдың нәтижесінде ТАК-тардың экологиялық жағдайының жалпы нашарлау үрдісін анықтады. Зерттеудің ғылыми және практикалық маңызы шөлді аумақтардың ТАК құрамдас бөліктеріндегі табиғи және антропогендік өзгерістердің әсерін бағалаудан, сондай-ақ олардың алаптағы табиғи-аумақтық кешендердің қазіргі жағдайына тигізетін теріс әсерін азайтуға бағытталған іс-шараларды әзірлеуден тұрады. ТАК жағдайының өзгермелілігі оның жекелеген компоненттерінің жай-күйіне байланысты, сондықтан ұсынылған жұмыстың мақсаты ТАК-тың жетекші компоненттеріндегі өзгерістерді анықтау болып табылады. Алынған нәтижелер Талас өзені алабындағы ТАК-тардың қазіргі жағдайы гидроклиматтық өзгермелілік пен антропогендік жүктеменің бірлескен әсерінен қалыптасатынын көрсетеді. Ең маңызды антропогендік әсерлер өзен ағынының бір бөлігін суаруға алу және жайылымдық жүктеменің артуымен байланысты, ал ауа температурасының, атмосфералық жауын-шашынның және өзеннің сулылығының өзгеруі топырақ-өсімдік жамылғысы жағдайының жылдар арасындағы өзгермелілігін айқындайды. Ұсынылған жұмыста қоңыржай белдеудегі шөлдердің табиғи-аумақтық кешендерін зерттеу мәселелері қарастырылып, олардың табиғи компоненттеріндегі өзгерістердің реттілігі айқындалады. Алынған нәтижелер Талас өзені алабының табиғи-аумақтық кешендерін ауыл шаруашылығында ұтымды пайдалану жөніндегі іс-шараларды әзірлеуге негіз бола алады.

Түйін сөздер: өзен алабы, табиғи-аумақтық кешен, табиғи компоненттер, антропогендік факторлар.

Введение

Бассейн реки Талас является одной из наиболее уязвимых природных территорий юга Казахстана, где в последние десятилетия наблюдается усиление антропогенной нагрузки и изменение климатических условий. Современные изменения характеризуются сокращением речного стока, повышением температуры воздуха, расширением площади орошаемых земель, увеличением пастбищной нагрузки, деградацией почвенно-растительного покрова и сокращением тугайных экосистем. Эти процессы приводят к нарушению структуры и функционирования природно-территориальных комплексов, снижению их эко-

логической устойчивости и продуктивности. В связи с этим комплексная оценка современного состояния ПТК бассейна реки Талас и выявление ведущих факторов их трансформации являются актуальной научной и практической задачей.

В русскоязычной ландшафтоведческой литературе понятия «природно-территориальный комплекс» и «геосистема» используются для описания территориальных природных образований различных иерархических уровней (Солнцев, 1968; Сочава, 1978; Исаченко, 1991). В настоящем исследовании термин «природно-территориальный комплекс (ПТК)» используется для характеристики ландшафтных единиц локального и регионального уровней (фация, урочище, местность и ландшафт), составляющих структуру бас-

сейна реки Талас. В современных исследованиях ландшафтный уровень рассматривается как один из наиболее информативных пространственных уровней анализа природного разнообразия, структуры экосистем и процессов их трансформации (Noss, 1983; Noss, 1990; Simensen et al., 2018). Учитывая, что ландшафтный уровень наиболее полно отражает пространственную организацию и взаимосвязь природных компонентов, именно он принят в качестве основной пространственной единицы для оценки современного состояния природно-территориальных комплексов бассейна реки Талас.

В зарубежной литературе исследования ландшафтов преимущественно развиваются в рамках ландшафтной экологии (Landscape Ecology), рассматривающей ландшафт как пространственную мозаику взаимодействующих экосистем (Forman & Godron, 1986; Forman, 1995). В этом подходе ключевыми элементами пространственной организации являются отдельные участки (patches), экологические коридоры (corridors), матрица (matrix) и их пространственная структура (landscape structure), определяющие функционирование и устойчивость природных систем. Наряду с этим широкое распространение получили концепции Land Systems и Landscape Classification, основанные на иерархической организации природных комплексов и их пространственной дифференциации (Bailey, 1998; Zonneveld, 1995; Simensen et al., 2018). Несмотря на различия в терминологии, отечественная и зарубежная школы ландшафтоведения базируются на общих принципах иерархической организации природных комплексов.

Равнинные пустынные ландшафты Казахстана характеризуются низким видовым разнообразием растительности, ограниченным поверхностным стоком, слабой развитостью почвенного покрова и высокой чувствительностью к климатическим и антропогенным воздействиям, что определяет сравнительно невысокое разнообразие природно-территориальных комплексов. Закономерности формирования, классификации и развития пустынных ландшафтов Казахстана подробно рассмотрены в фундаментальных трудах отечественных исследователей (Мурзаев, 1958; Петров, 1967; Гвоздецкий, 1969; Медоев, 1985; Бабаев, 1985). В современных зарубежных исследованиях основное внимание уделяется процессам функционирования пустынных экосистем, их реакции на климатические изменения, деградации земель и устойчи-

вости природных систем в аридных условиях (D’Odorico & Porporato, 2006; Thomas, 2011; Whitford & Duval, 2020). Несмотря на значительный объём исследований пустынных ландшафтов, вопросы современной трансформации природно-территориальных комплексов бассейна реки Талас под совместным воздействием климатических и антропогенных факторов остаются недостаточно изученными, что определяет актуальность настоящего исследования.

Анализ опубликованных исследований (Базовые концепции..., б. г.) показал, что ландшафтные исследования бассейна реки Талас ограничиваются ландшафтной картой, опубликованной в 2010 году, и фондовыми материалами, согласно которым в пределах бассейна выделены восемь типов равнинных пустынных и один тип степных низкогорных ландшафтов. Вместе с тем комплексные исследования, посвящённые количественной оценке современного состояния природно-территориальных комплексов и определению ведущих факторов их трансформации, практически отсутствуют. В настоящем исследовании в качестве методологической основы используется концепция «неравнозначности взаимодействующих факторов» («ряд Солнцева»), согласно которой интенсивность взаимного влияния природных компонентов определяется их иерархической организацией. Такой подход позволяет выявить ключевые климатические, гидрологические и антропогенные факторы, определяющие современное состояние природно-территориальных комплексов бассейна реки Талас.

Исходя из концепции «неравнозначности взаимодействующих факторов» («ряда Солнцева»), можно предположить, что в пределах бассейна реки Талас литогенная основа оказывает минимальное влияние на кратковременную динамику природно-территориальных комплексов, поскольку геолого-геоморфологические процессы в условиях тектонически стабильных равнинных территорий протекают на протяжении сотен и тысяч лет. В то же время почвенно-растительный покров наиболее быстро реагирует на изменения климатических условий, водного режима и антропогенной нагрузки, что позволяет рассматривать его как один из наиболее информативных индикаторов современного состояния природно-территориальных комплексов. Следовательно, для оценки современного состояния ПТК бассейна реки Талас целесообразно проанализировать количественные изменения

климатических факторов, гидрологического режима и почвенно-растительного покрова, отражающих основные направления трансформации природных комплексов. Целью настоящего исследования является выявление изменений ведущих компонентов природно-территориальных комплексов бассейна реки Талас и оценка их взаимосвязи с гидроклиматическими и антропогенными факторами на основе анализа климатических, гидрологических, почвенно-растительных, статистических и картографических данных.

Данные и методы

Комплексная оценка современного состояния природно-территориальных комплексов бассейна реки Талас основана на интеграции данных о геолого-геоморфологических условиях, гидрологических и климатических характеристиках, почвенно-растительном покрове, антропогенной нагрузке, материалов дистанционного зондирования Земли и результатов собственных полевых исследований. Для анализа многолетней динамики растительного покрова использованы спутниковые изображения Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ и Landsat 8 OLI за 1994, 1998, 2001, 2005, 2010, 2014, 2017, 2020 и 2023 гг. Выбор временных срезов был обусловлен необходимостью оценки многолетних изменений растительного покрова дельтовой и преддельтовой частей реки Талас. Предварительная обработка и тематическая обработка спутниковых данных выполнялись в программных комплексах ENVI и ArcGIS. Для количественной оценки состояния растительного покрова рассчитывался нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

где NIR – отражательная способность поверхности в ближнем инфракрасном диапазоне; RED – отражательная способность в красном диапазоне спектра. Индекс NDVI изменяется в диапазоне от -1 до 1 и характеризует относительную интенсивность фотосинтетически активной растительности. В использованной интерпретационной схеме отрицательные и близкие к нулю значения соответствуют водным поверхностям, открытым участкам, пескам и другим территориям с минимальным растительным покровом; значения порядка 0,2-0,5 характерны преиму-

щественно для разреженной травяно-кустарниковой растительности, тогда как значения 0,6-1,0 указывают на участки с наиболее плотным зеленым покровом. Поэтому пространственное распределение NDVI может рассматриваться как информативный индикатор состояния растительного компонента ПТК, особенно в пойменных и дельтовых ландшафтах, чувствительных к изменению режима увлажнения.

Для оценки климатической изменчивости использованы данные CRU TS 4.08 для точек, соответствующих населённым пунктам Тогызкент (43°55' с.ш., 70°23' в.д.), Аккум (43°38' с.ш., 71°17' в.д.) и Сарыбулак (Чапаево) (43°22' с.ш., 71°28' в.д.). Анализировались среднегодовая температура воздуха и годовое количество атмосферных осадков. Для оценки долгосрочного климатического тренда использовался период 1961–2021 гг., а при выполнении корреляционного анализа использовались значения климатических показателей, соответствующие годам определения площади тугайных природно-территориальных комплексов.

Гидрологическая характеристика бассейна выполнена с использованием опубликованных материалов Казгидромета и многолетних рядов среднегодового расхода воды реки Талас. Для сопоставления с динамикой тугайных сообществ использовались значения расхода воды, соответствующие годам дистанционного картографирования растительного покрова. Полевые исследования включали почвенные, геоботанические и комплексные физико-географические обследования территории. Почвенные и геоботанические исследования выполнялись в соответствии с действующими методиками Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (Методика почвенных изысканий, 2023; Методика геоботанических изысканий, 2022), а физико-географические исследования проводились по общепринятым методическим подходам ландшафтоведения (Дьяконов и др., 1996; Жучкова и Раковская, 2004). Статистические методы использовались для обработки и обобщения полученных данных, а также выявления пространственных и временных закономерностей изменения компонентов природно-территориальных комплексов.

Объект исследования

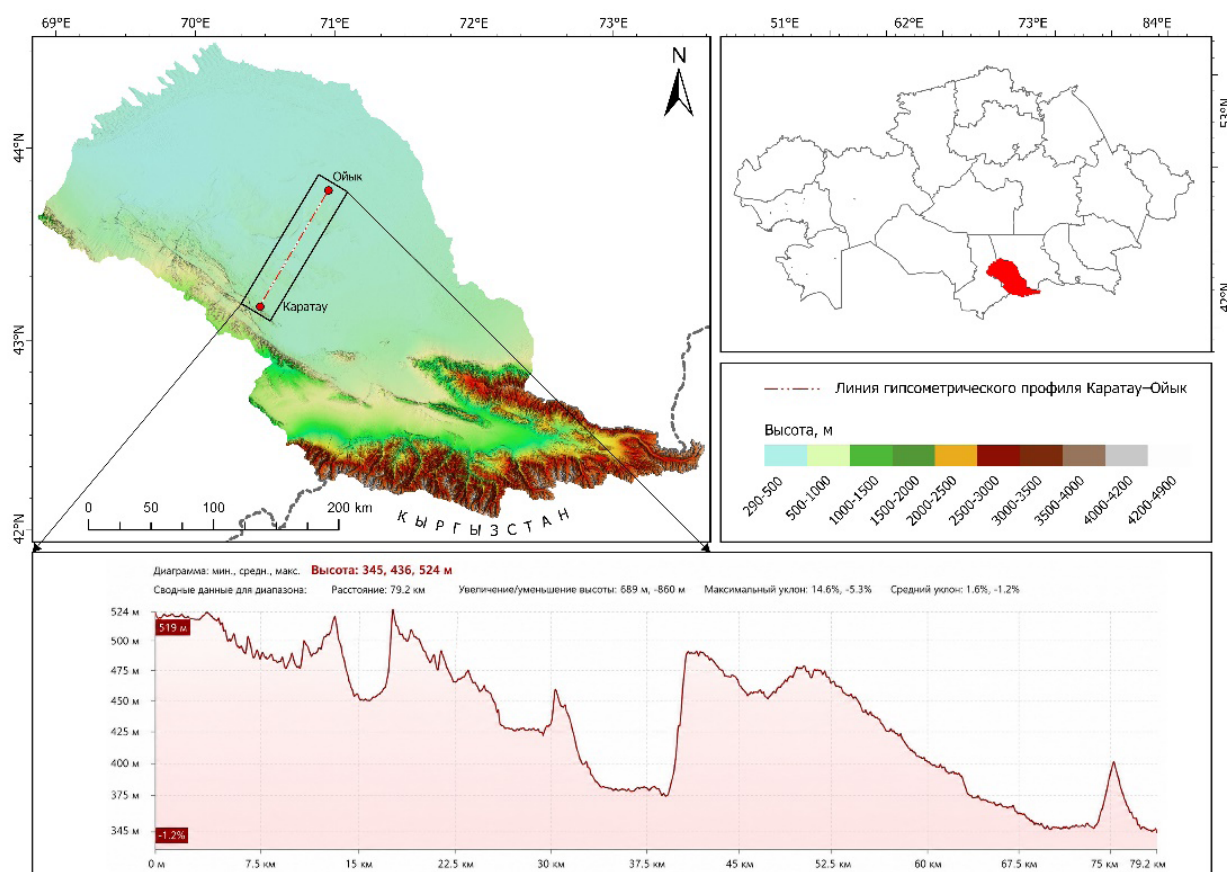
Бассейн реки Талас расположен на территории Кыргызской Республики и Республики Казахстан в пределах аридной зоны Центральной

Азии (рис. 1). Общая площадь бассейна составляет 52,7 тыс. км², при этом объектом настоящего исследования является его казахстанская равнинная часть, характеризующаяся широким

развитием орошаемого земледелия, пастбищного животноводства и высокой степенью антропогенной трансформации природно-территориальных комплексов.

Рисунок 1

Географическое положение бассейна реки Талас, цифровая модель рельефа (DEM) и гипсометрический профиль Каратау–Ойык.



Река Талас образуется в результате слияния рек Каракол и Уч-Кошой в пределах Таласской межгорной впадины на территории Кыргызстана. Общая длина реки составляет 661 км. Питание реки преимущественно снегово-ледниковое, поэтому максимальный сток наблюдается в период весенне-летнего половодья (май-июль), а минимальный – в зимний период.

В пределах казахстанской части бассейна выделены четыре геолого-геоморфологических участка, различающихся особенностями рельефа, строения долины и характером русловых процессов. Первый участок охватывает предгорную равнину и конус выноса реки Талас, где русло постепенно разделяется на отдельные ру-

кава. Второй участок приурочен к окраине палеоген-неогеновых останцовых возвышенностей, где река местами протекает вдоль крутых эрозионных склонов. Третий участок соответствует верхней дельте, характеризующейся развитием естественных рукавов и разветвленной сети оросительных каналов. Четвертый участок расположен в пределах песчаного массива Мойынкум, где постоянное русло постепенно затухает и теряет поверхностный сток.

Выделение указанных участков основано на различиях геолого-геоморфологического строения территории и особенностях гидрологического режима, определяющих пространственную дифференциацию природно-тер-

риториальных комплексов и специфику их современного функционирования. Именно эти особенности послужили основой для последующего анализа факторов трансформации природно-территориальных комплексов бассейна реки Талас.

Геолого-геоморфологическая основа современного состояния ПТК

Геолого-геоморфологическое строение бассейна реки Талас подробно отражено в региональных геологических и геоморфологических исследованиях и материалах Национального атласа Республики Казахстан (Есенов, 1971; Рельеф Казахстана, 1991; Бекжанов и др., 2000; Национальный атлас Республики Казахстан, 2010). Полевые наблюдения и материалы дистанционного зондирования в целом подтверждают основные особенности пространственной организации рельефа, описанные в указанных источниках. Казахстанская часть бассейна в среднем течении представлена преимущественно предгорными равнинами, тогда как преддельтовая и дельтовая части приурочены к четвертичным аллювиальным равнинам.

На левобережье дельтовой части распространены останцовые возвышенности с абсолютными высотами до 400 м, для которых характерно преобладание денудационных процессов на повышенных участках и аккумуляции рыхлого материала в замкнутых и слабодренированных понижениях. На равнинной части бассейна доминируют процессы аккумуляции и переработки аллювиального материала, переносимого речным и временным поверхностным стоком. Общий уклон поверхности с юга на север и с юго-востока на северо-запад определяет преимущественное направление поверхностного стока и переноса наносов.

Таким образом, геолого-геоморфологические особенности территории формируют пространственную основу дифференциации ПТК, оказывая влияние на распределение поверхностных и грунтовых вод, почвообразовательные процессы, аккумуляцию солей и структуру растительного покрова. При этом сама литогенная основа в рассматриваемом временном масштабе является относительно устойчивым компонентом, тогда как наиболее выраженные современные изменения проявляются преимущественно

в гидрологическом, почвенном и биотическом компонентах ПТК.

Подземные воды бассейна реки Талас

Подземные воды являются одним из ключевых факторов формирования природно-территориальных комплексов бассейна реки Талас, особенно в понижениях рельефа, дельтовых участках и песчаном массиве Мойынкум. Глубина их залегания, минерализация и гидродинамический режим оказывают существенное влияние на процессы почвообразования, развитие растительности и степень засоления почв. В местах близкого залегания грунтовых вод формируются естественные выходы подземных вод, пресные озера (шурат) и участки с развитой гидрофильной растительностью, тогда как минерализованные воды способствуют накоплению легкорастворимых солей в почвенном профиле.

Согласно опубликованным гидрогеологическим исследованиям (Гидрогеология СССР, 1970; Цыценко и Сумарокова, 1990; Национальный атлас Республики Казахстан, 2010), в пределах бассейна выделяются Асы-Таласский, Каратауский и Мойынкумский (Шу-Сарысуский) артезианские бассейны, а также локальные водоносные горизонты останцовых возвышенностей. Их основные гидрогеологические характеристики приведены в таблице 1.

Наиболее благоприятные условия водообеспечения характерны для Асы-Таласского артезианского бассейна, где широко распространены пресные высоконапорные воды четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений. В пределах останцовых возвышенностей подземные воды имеют локальное распространение и связаны преимущественно с трещиноватыми породами. Мойынкумский артезианский бассейн характеризуется преимущественно напорными пресными и слабоминерализованными водами, оказывающими существенное влияние на гидрологический режим дельтовых и песчаных природно-территориальных комплексов. Таким образом, пространственная неоднородность гидрогеологических условий является одним из ведущих факторов формирования современного состояния природно-территориальных комплексов бассейна реки Талас, определяя особенности почвенного покрова, растительности, гидрологического режима и степень антропогенного освоения территории.

Таблица 1

Основные гидрогеологические характеристики артезианских бассейнов

Артезианский бассейн	Водоносный горизонт	Средний модуль подземного стока, л/(с·км ²)	Минерализация, г/дм ³	Характеристика подземных вод	Основное влияние на ПТК
Асы-Таласский	Четвертичные аллювиально-пролювиальные галечники и пески	1,0–8,0	<1,0 (ниже по течению 1–3)	Высоконапорные, преимущественно самоизливающиеся	Формирование пойменных и предгорных ПТК, водообеспечение растительности
Останцовые возвышенности	Палеоген-неогеновые породы	Локальное пространство	Преимущественно пресные	Локальные водоносные горизонты	Локальное увлажнение склонов и понижений
Каратауский	Девон-карбоновые трещинно-карстовые известняки и песчаники	0,5–1,1	<1,0	Трещинно-карстовые воды	Поддержание локальных источников и почвенного увлажнения
Мойынкумский (Шу-Сарысуский)	Палеоген-неогеновые пески и галечники	0,4–0,7	До 3,0	Напорные пресные и слабоминерализованные	Формирование дельтовых и песчаных ПТК, влияние на засоление и растительность

Климат

Казахстанская часть бассейна реки Талас расположена в пределах аридной зоны Центральной Азии и согласно климатической классификации Кӧрпен–Geiger относится к пустынному климату умеренных широт (Kottek et al., 2006). Для данной территории характерны среднегодовые температуры воздуха ниже 18 °С, отрицательные температуры в зимний период и преобладание потенциальной эвапотранспирации над количеством атмосферных осадков, что определяет аридный характер природных условий. По классификации С. П. Хромова исследуемая территория относится к области внутриконтинентального климата умеренных широт с жарким летом и холодной зимой (Хромов и Петросянц, 2006).

Климат бассейна характеризуется высокой континентальностью, значительными годовыми и суточными амплитудами температуры воздуха и выраженным дефицитом атмосферного увлажнения. Среднегодовая температура воздуха составляет +11,2 °С на метеостанции Тараз и +10,2°С на метеостанции Ойык. Среднегодовое количество атмосферных осадков изменяется от 342 мм в предгорной части бассейна (Тараз) до 187 мм в его северной равнинной части (Ойык), что отражает усиление аридности в направлении с юга на север (Казгидромет, 2009–2022; Справочник по климату Казахстана, 2005).

Выраженный климатический градиент оказывает существенное влияние на пространственную дифференциацию природно-территориальных комплексов, определяя особенности

гидрологического режима, интенсивность почвообразовательных процессов, степень засоления почв и распределение растительного покрова. В совокупности климатические условия являются одним из ведущих факторов формирования современного состояния природно-территориальных комплексов бассейна реки Талас.

Поверхностные воды

Гидрологические и гидрографические характеристики поверхностного стока бассейна реки Талас (казахстанской части) приведены во многих источниках (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1973; Гидрология СССР, 1972; Комиссия РК и КР, 2009). Река Талас и Аса характеризуются ледниково-дождевым типом питания, в холодный период объем стока значительно уменьшается (Вилесов, 2014). Для определения современного состояния ПТК бассейна необходимо выяснить общий объем стока воды речных систем Таласа и Аса (Асса). Согласно (Цыценко и Сумарокова, 1990), средний годовой приток из зоны формирования стока реки Талас для гидрометрического створа Джамбул (Солнечный) с 1946 по 1975 годы составлял 47,9 м³/сек. Следующий период расхода воды по реке Талас, а также по реке Аса (Ассы) представлен (Казгидромет, 2003) – средний расход воды за период 1979–1998 годы – 24 м³/сек. Река Аса (Асса) – железнодорожная станция Маймак – за период 1926 – 1998 – 10,9 м³/сек. Более подробные и точные сведения предоставлены в (Казгидромет, 2023). В данном источнике наблюдения

по реке Талас перенесены створу Жасоркен, который расположен примерно в 8 км вверх по течению от створа Солнечный, многолетняя норма годового стока составляет 30,8 м³/сек и минимальное значение за период наблюдений был в 2015 году – 11,8 м³/с. Для реки Аса, в створе железнодорожная станция Маймак многолетняя норма годового стока составила 11,7 м³/сек, минимальный значение – 5,48 м³/с, наблюдалось в 1980 году, максимальный был зафиксирован в 1969 году – 24,9 м³/с.

Почвенно-растительный покров

Почвенный покров, в сравнении с растительным покровом более консервативный фактор современного состояния ПТК бассейна. Данная часть статьи опиралась на следующие источники (Почвы Казахской ССР, 1967; Карта почвенно-географического районирования Казахстана, 1970; Smanov et al., 2025), а также на собственные полевые материалы.

Практически на всей территории бассейна за исключением горной части, замкнутых понижений распространен тип почв сероземы с различными подтипами, среди которых преобладают сероземы обыкновенные, светлые северные, различные по гранулометрическому составу. В горной части хорошо выражены каштановые с подтипами почвы, а по понижениям сероземы солонцеватые, засоленные, местами карбонатные и на днищах замкнутых понижений соры, солончаки.

Смена флоры находится в прямой зависимости от климатических параметров и почвенно-геоморфологических условий. Район конусов выноса Таласа и Аса, прилегающих к озерам Бийликоль, Акколь, Ащыколь равнин, участок сероземов луговых, характеризуются эфемероидно-злаково-полынными (*Artemisia terrae-albae* – полынь белоземельная и другие виды полыни, *Stipa sareptana* – ковыль сарептский, *S. Richteriana* – ковыль Рихтера, *Poa bulbosa* – мятлик луковичный), местами в комплексе с солянковыми (*Nanophuton erinaceum* – нанофитон ежовый, *Anabasis salsa* – ежовник солончаковатый) сообществами. Это район орошаемого земледелия. На останцовых возвышенностях преобладают белоземельнополынно-чернобоялычевые с эфемероидами (*Salsola arbusculiformis* – солянка боялычевая, *Artemisia terrae-albae* – полынь белоземельная), местами в комплексе с тасбиюргуновыми (*Nanophuton erinaceum* – нанофитон

ежовый) биюргуновыми (*Anabasis salsa* – ежовник солончаковатый) сообществами.

Более богата на видовое разнообразие флора долины Таласа, относительно богатая водными ресурсами и характеризующаяся близким залеганием подземных вод. Разнотравные луга представлены (*Cynodon dactylon* – свинорой пальчатый, *Althea officinalis* – алтей лекарственный, *Alisma graminea* – частуха злаковая), чиево-кустарниковые представлены (*Tamarix ramosissima* – гребенщик ветвистый, *Rosa beggeriana* – шиповник Беггера, *Achnatcherum splendens* – чий блестящий), фрагментарно развиты тугайные сообщества (*Elaeagnus oxycarpa* – лох остроплодный, *Rosa beggeriana* – шиповник Беггера, *Halimodendron halodendron* – чингиль серебристый). На песчаных массивах основные виды представлены псаммофитно-кустарниковые (*Haloxylon aphyllum* – саксаул черный (или безлистный), *Haloxylon persicum* – саксаул белый, *Calligonum aphyllum* – жузгун безлистный, *Calligonum leucocladum* – жузгун белокорый, *Ammodendron bifolium* – песчаная акация двулистная, *Krashennikovia ceratoides* – терескен, *Salsola arbuscula* – боялыч древовидный (солянка древовидная), *Carex physodes* – осока вздутоплодная) (Национальный атлас Республики Казахстан, 2010)

Антропогенный фактор современного состояния ПТК бассейна реки Талас

Значительную часть водных ресурсов бассейна потребляет растениеводство, которое проявляется в увеличении орошаемых площадей. Большая часть орошаемых земель расположено в Таласской области Кыргызской Республики, показатели динамики роста заимствованы из следующих источников (Вилесов, 2014; Национальный статистический комитет Кыргызской Республики). Согласно Цыценко (1990), рост орошаемой площади в кыргызской части бассейна реки Талас увеличился с 26 тысяч гектаров в 1926 году до 103 тысяч гектаров в 1985 году. Данные Национального статистического комитета Кыргызской Республики (КР) указывает на стабилизацию роста орошаемой площади в пределах 105 180 в 2017 году гектаров до 107 122 гектаров в 2021 году.

Согласно (Рекомендации по системе ведения сельского хозяйства, 1978) на середину 1970-х годов река Талас орошала около 60 тысяч гектаров на казахстанской части бассейна, по (Forbes Kazakhstan) на 16 марта 2016 года площадь оро-

шаемых земель выше указанных районов составляло 62 тысячи гектаров.

Пастбищное животноводство, является еще одним значительным фактором влияющий на современное состояние ПТК бассейна. Определение площади пастбищ осложняется тем, что животноводство использует пастбища всех категорий земель. Выделить площади пастбищ самого бассейна отдельно от всей площади пастбищ, приходящих на три административных района, земли которых расположены в бассейне реки было затруднено тем, что очень мало открытых источников, вследствие чего площадь пастбищ приводится по (Алдажанова и Кудерин, 2019; Управление земельных отношений акимата Жамбылской области; Сельское хозяйство Жамбылской области, 2018):

- Байзакский район – 339,4 тысяч га
- Жамбылский район – 339,3 тысяч га
- Таласский район – 986,1 тысяч га.

Поголовье сельскохозяйственных животных, выпасающих на пастбищах бассейна может иметь значительные колебания, в зависимости экономического состояния местного населения и государства в целом, конъюнктуры на отечественных и региональных рынках, от состояния природных факторов (засушливые явления, истощение близлежащих пастбищ, состояния травостоя на пастбищах и др.). На период 2012-2024 годы поголовье сельскохозяйственных животных по (Бюро национальной статистики) представлены в таблице 2. Поскольку административные границы рассматриваемых районов не полностью совпадают с гидрографическими границами бассейна реки Талас, статистические показатели используются для характеристики общей динамики антропогенной нагрузки и не рассматриваются как точные значения исключительно в пределах водосбора.

Таблица 2

Численность сельскохозяйственных животных по административным районам Жамбылской области, тысяч голов

Административный район	Виды сельскохозяйственных животных	2012	2015	2020	2024
Байзакский	Крупнорогатый скот (КРС)	33,3	33,7	46,3	47,5
	Овцы, козы	211,7	212,3	300,2	410,3
	Лошади	9,3	9,9	17,8	24,4
	Верблюды	0,8	0,8	1,0	1,4
Жамбылский	Крупнорогатый скот (КРС)	31,6	32,4	44,9	36,9
	Овцы, козы	159,9	173,3	247,3	311,1
	Лошади	9,5	14,9	20,9	21,2
	Верблюды	0,0	0,1	0,1	0,1
Таласский	Крупнорогатый скот (КРС)	18,8	19,4	29,5	25,6
	Овцы, козы	298,6	304,6	335,2	321,8
	Лошади	7,2	7,6	12,9	14,3
	Верблюды	1,7	1,7	2,2	2,1

Общее количество сельскохозяйственных животных на 2024 год составило 1 216,7 тысяч голов, без учета территории Сарысуского района, который расположен в дельтовой части реки Талас.

Результаты и обсуждение

Геолого-геоморфологические и гидрогеологические особенности ПТК

Изменение в природных компонентах ПТК ведет к изменению всего комплекса. Современные процессы, оказывающее влияние на современные ПТК бассейна воздействуют в различной степени, и колебательные движения количественных показателей могут удерживать состояние ПТК в одном вариативном состоянии с каким-либо трендом (условно в негативном или в позитивном). В данном случае на примере ПТК бассейна реки Талас их вариативное состо-

яние сильно зависит от колебания климатических показателей и антропогенного фактора, но при этом происходят изменения в других компонентах. Самый устойчивый компонент тектонико-геолого-геоморфологический, по полевым и дистанционным наблюдениям заметных изменений не наблюдается.

Исследуемая территория в тектоническом отношении делится на 2 части: юго-западная окраина приходится на хребет Каратау – древние докембрийские складчатые структуры и осадочный бассейн Туранской плиты, характеризующиеся не глубоким залеганием фундамента. Территория левобережья дельтовой части между Каратау и рекой Талас представлены в виде куэст и образовались при аридном климате во внутриконтинентальных осадочных бассейнах. Их передовые крутые склоны идут параллельно хребту Каратау (рис. 2).

Рисунок 2

Останцовые возвышенности, берег Ашыколь. Координаты: 43°31' с.ш. – 70°41' в.д. Н = 384 метра



Останцовые возвышенности представлены пустынными суглинисто-щебнистыми волнистыми равнинами с относительными высотами в пределах 20 метров, местами достигает до 50 метров. Предгорная часть представлена конусами выноса небольших рек и временных водотоков и являются пролювиально-делювиальными равнинами, местами обнажаются выходы коренных пород.

Между куэстами (останцовыми возвышенностями) расположены озерные понижения, ха-

рактеризующиеся солончаковыми впадинами и сорами на современных отложениях. В долине реки развиты речные долинные пойменно-террасовые комплексы, характеризующиеся ПТК с гигрофитной растительностью. Северные, северо-восточные и восточные окраины бассейна занимает песчаный массив Мойынкум, образованный за счет аллювиальных отложений рек Таласа и Шу. Данный участок относят к третьей надпойменной террасе. Песчаный массив образуют различные эоловые формы рельефа – гря-

довый и бугристо-грядовый с относительными превышениями 15-80 м, встречаются бугристые ячеистые формы.

Геолого-тектоническое строение исследуемой территории определяет современные формы рельефа, особенности процессов почвообразования, гидрогеологические условия, которые

играют значительную роль в пространственной дифференциации современных ПТК бассейна реки Талас. Основные геоморфологические процессы в форме дальнейшего врезания в свои же отложения и аккумуляция речных наносов, происходят в долине Талас, в частности в дельтовой части (рис. 3).

Рисунок 3

Русловые процессы: а) процессы заиления; б) процессы углубления русла в новейших отложениях (долина реки Талас севернее населенного пункта Ушарал). Координаты: 43°55' с.ш. – 70°31' в.д., Н = 338 метров



а



б

Таким образом, на территории бассейна наблюдаются геолого-геоморфологические процессы, описанные многими авторами (Бабаев, 1985; D'Odorico & Porporato, 2006; Thomas, 2011), денудационные процессы на возвышенных участках и аккумуляция в понижениях, а также русловые процессы. Изреженный растительный покров приводит к развитию очагов пылевого выноса, а замкнутые или полужамкнутые впадины, особенно на останцовых возвышенностях, усиливаются процессы образования солончаков и соров, в основном в дельтовой зоне.

Выше отмеченная характеристика подземных вод, в зависимости от их количественных и качественных показателей оказывает значительное влияние на современное состояние ПТК бассейна. В частности, на участках, где близко залегают подземные пресные воды имеет место развитию гигрофильной растительности в пределах пойменных участков (тугайные ассоциации) и псаммофитной растительности на песчаных участках бассейна (древесно-кустарниковая растительность – саксаул, песчаная акация). На участках слабосолоноватых подземных вод с участием глинистых пород произрастают галофитные растения, в некоторых случаях образуя значительное разнообразие видов растений (лохово-джингиловы ассоциации). В районах малодоступности подземных

вод, на останцовых возвышенностях растительный покров характеризуется бедным видовым разнообразием. Уменьшение поверхностного стока приводит к понижению уровня грунтовых вод, что имеет одновременно как негативное, так и позитивное влияние, которое выражается в сокращении площади проективного покрытия растительного покрова и в сокращении площади естественных солончаковых участков. Данные явления изменения площадей носит изменчивый характер, при многолетних циклах и влажных годах растительный покров возвращается в свое исходное положение. Это момент будет описан ниже.

Гидроклиматическая динамика бассейна реки Талас

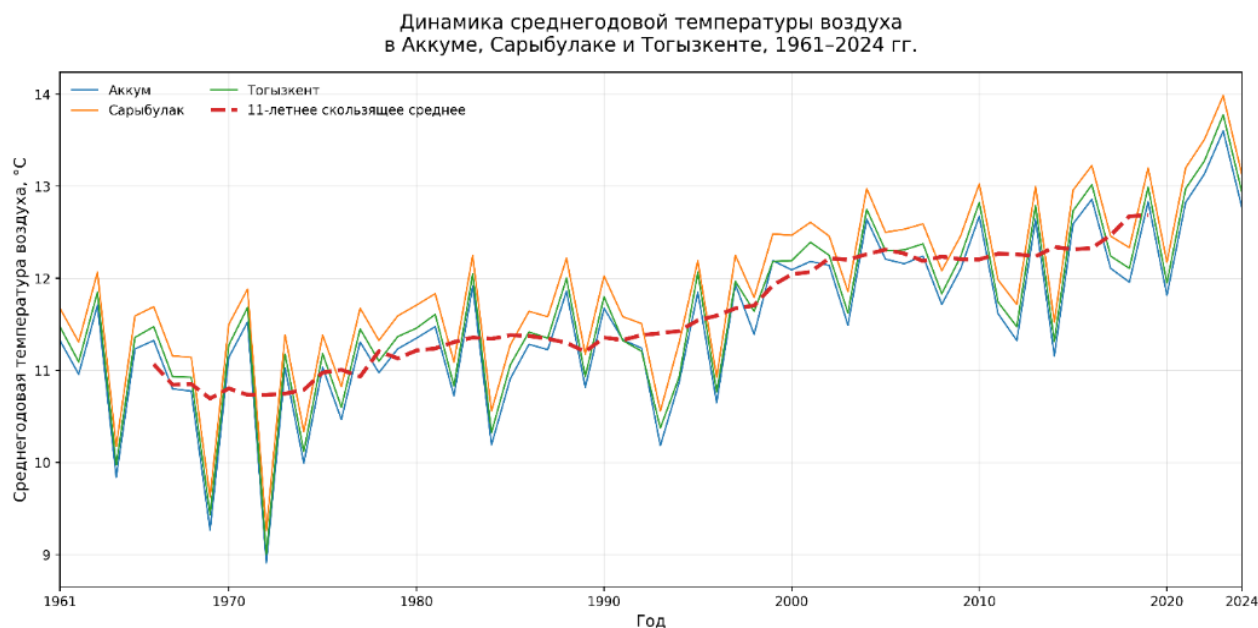
Одним из наиболее динамичных факторов современного состояния ПТК бассейна являются климатические изменения, проявляющиеся в повышении среднегодовой температуры воздуха и межгодовой изменчивости атмосферных осадков. Анализ климатических показателей территории бассейна Талас согласно (Казгидромет, 2009–2022; Справочник по климату Казахстана, 2005), подтверждает тезис о повышении среднегодовой температуры воздуха. Количественные показатели температуры воздуха по метеостанциям Ойык (Уюк) и Тараз (Джамбул).

Анализ данных указывает на повышение среднегодовых температур по десятилетиям по метеостанции Тараз (Джамбул) на $1,6^{\circ}\text{C}$, по метеостанции Ойык (Уюк) на $1,8^{\circ}\text{C}$. Данные CRU TS 4.08 для некоторых точек бассейна также указывают на повышение среднегодовых температур, так например, среднегодовая

температура воздуха в районе населенного пункта Тогызкент ($43^{\circ}55'$ с.ш. – $70^{\circ}23'$ в.д.) за период 1961-2021 повысилось на $1,8^{\circ}\text{C}$ (рис. 4), в районе населенного пункта Аккум ($43^{\circ}38'$ с.ш. – $71^{\circ}17'$ в.д.) – на $1,4^{\circ}\text{C}$ и в районе населенного пункта Сарыбулак (Чапаево) ($43^{\circ}22'$ с.ш. – $71^{\circ}28'$ в.д.) – на $1,5^{\circ}\text{C}$.

Рисунок 4

Динамика температуры воздуха в районах населенных пунктов Тогызкент ($43^{\circ}55'$ с.ш. – $70^{\circ}23'$ в.д.), Аккум ($43^{\circ}38'$ с.ш. – $71^{\circ}17'$ в.д.) и Сарыбулак (Чапаево) ($43^{\circ}22'$ с.ш. – $71^{\circ}28'$ в.д.) по данным CRU TS 4.08



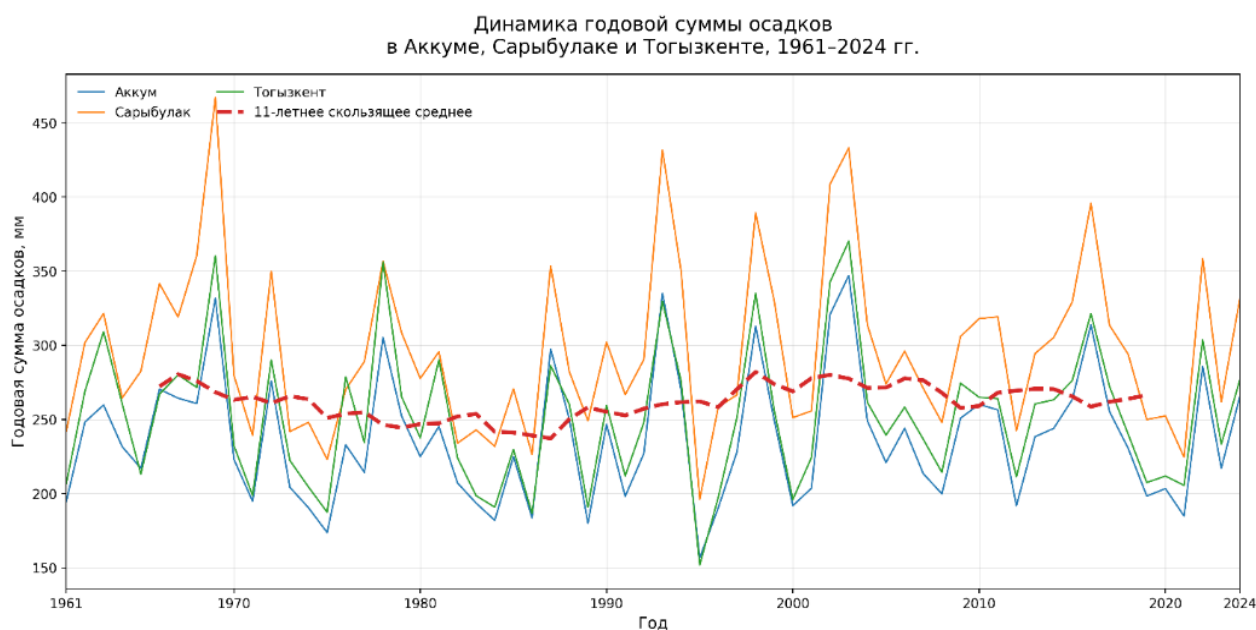
Повышение температуры закономерно происходит и по сезонам года, особенность заключается в том, что в холодный период разница по десятилетиям составляет 2 раза и более. Средние за десятилетия температуры воздуха увеличились и в теплый период года на $1,8^{\circ}\text{C}$ (м/с Тараз) и $1,9^{\circ}\text{C}$ (м/с Ойык). Повышение температуры ведет к продолжительности вегетационного периода, с одной стороны можно считать положительным моментом для растительного покрова, с другой стороны длительные жаркие летние дни, при отсутствии достаточного количества естественных осадков приводит к угнетенному состоянию растений.

Особенность зоны пустынь Казахстана частые засухи и в среднем каждый пятый год относительно хорошо обеспечивается атмосферны-

ми осадками. Среднее количество атмосферных осадков по десятилетиям по метеостанции Тараз (Джамбул) больших изменений не показывает. По станции Ойык (Уюк) отсутствуют данные за два десятилетия с 1991 по 2010, так как, в статистических данных нет показателей, но для сравнения проанализированы десятилетия с 1961 по 1991 и с 2011 по 2021 годы. Согласно этим показателям, наблюдается снижения осадков почти в 2 раза с 242 мм в 1961-1970 годы до 126 мм в период с 2011 по 2021 годы. Для сравнения приводятся данные CRU TS 4.08 для некоторых точек бассейна, как и для температуры взяты показатели осадков в границах населенных пунктов Тогызкент ($43^{\circ}55'$ с.ш. – $70^{\circ}23'$ в.д.), Аккум ($43^{\circ}38'$ с.ш. – $71^{\circ}17'$ в.д.) и Сарыбулак (Чапаево) ($43^{\circ}22'$ с.ш. – $71^{\circ}28'$ в.д.) (рис. 5).

Рисунок 5

Динамика атмосферных осадков в районах населенных пунктов Тогызкент ($43^{\circ}55'$ с.ш. – $70^{\circ}23'$ в.д.), Аккум ($43^{\circ}38'$ с.ш. – $71^{\circ}17'$ в.д.) и Сарыбулак (Чапаево) ($43^{\circ}22'$ с.ш. – $71^{\circ}28'$ в.д.) по данным CRU TS 4.08



Графики показывают, что среднее количество осадков имеют колебания характерные для пустынных областей умеренного пояса, четко выделяются менее влажные относительно многолетних в период 1980-х годов.

Таким образом, влияние климатических показателей на современное состояние ПТК бассейна Таласа проявляется в изменениях естественного растительного покрова. Из-за того, что сеть метеорологических станции и постов на территории бассейна редкая, выделить количественные показатели степени влияния климата на состояние ПТК является сложным вопросом, требующего длительного детального изучения на местности.

Поверхностные воды как отмечено выше, являются следствием климата, в частности атмосферных осадков, которые пополняют запасы воды в горных ледниках и подземные воды, с которых начинается река Талас. Согласно данному ежегоднику, для Шу-Таласского бассейна выявлены фазы многоводности, приходящие на периоды: с 1949 по 1973, с 2002 по 2006, 2010 по 2012, с 2016 по 2018 годы и фазы маловодности, которые приходятся на период с 1974 по 2001, 2007 по 2009, с 2013 по 2015 годы, а с 2019 года наблюдается устойчивое снижение годового стока реки Талас. К примеру, озеро Акколь в маловодный цикл 1974-1976 годов полностью

высыхало, затем частично восстановилась и в середине 1980-х годов вновь исчезла. На сегодняшний день заново восстановленное естественным путем (за счет многоводного цикла) озеро имеет площадь $\approx 40^2$ км, к слову, до 1970-х годов здесь был промышленный рыболовство, в среднем добывалось до 500 тонн рыбы в год (Климаттын өзгөрү жагдайындагы..., 2024).

Один из главных источников питания рек Талас и Аса в летний период, являются горные ледники, объем которых имеют тенденцию к динамичному сокращению. Согласно Вилесову, (2013) (Казгидромет, 2023) площадь горного оледенения в бассейнах рек Талас и Аса (с учетом территории Кыргызстана) сократилась с $123,1 \text{ км}^2$ в 1957 году до $69,043 \text{ км}^2$ в 2013 году, объем ледников сократился с $3,7907 \text{ км}^3$ до $1,9160 \text{ км}^3$. Расчеты автора приводят к выводу об исчезновении ледников в бассейне в ближайшие 40-60 лет. Для сохранения объема речного стока при отсутствии ледников необходимо увеличение атмосферных осадков как минимум на 15%.

Результаты анализа стока поверхностных вод бассейна рек Талас и ее бывшего притока реки Аса (Ассы) показывает о стабильном сокращении притока поверхностных вод в нижнюю часть рек. Увеличение орошаемой площади на равнинной части бассейна, в частности на территории Жамбылского, Байзакского и Таласско-

го районов, фактически привел к исчезновению тугайных, водно-болотных ПТК, к увеличению площадей соров и солончаковых комплексов в дельте Таласа (рис. 6). Река Талас на равнинной казахстанской части является «транзитной», т.е.

нет притоков (за исключением реки Аса, которая соединялась в историческое время в дельтовой части с Таласом), вследствие чего изъятие части стока в верхней части среднего течения сказывается на обводнении нижнего течения и дельты.

Рисунок 6

Начальный этап образования солончака (при увеличении объема санитарного попуска стока Таласа, процессы образования солончаков приостанавливаются). Тугайные ПТК севернее населенного пункта Ушарал. Координаты: 43°57' с.ш. – 70°31' в.д., Н = 338 метров



Изменения почвенно-растительного компонента ПТК

Изменения климатических факторов и поверхностного стока сказываются на почвообразовательных процессах. В результате полевых наблюдений отмечено, что пустынные почвы бассейна имеют чаще всего пористую корку различной мощности, малое содержание гумуса, засоленность и солонцеватость, что соответствует описаниям представленных в вышеуказанных литературных источниках (Почвы Казахской ССР, 1967; Карта почвенно-географического районирования Казахстана, 1970; Smanov et al., 2025).

Предгорная равнина, где Талас и Аса выходят с гор и образуют конуса выноса, с исторических времен является орошаемой зоной. Естественные почвы представлены лугово-сероземными. Согласно (Почвы Казахской ССР, 1967) в этой части бассейна выделяются два почвенных района, юго-восточная часть, междуречье рек Та-

лас и Аса – Талас-Ассинский сазовый район и северо-западная часть – Таласский равнинный район. Таласский равнинный почвенный район практически полностью распахан, поэтому здешние лугово-сероземные почвы значительно отличаются от целинных почв более высоким содержанием гумуса до 1,5-2%. Следствием длительного орошения является изменение агрохимических и агрофизических свойств этих почв (Рекомендации по системе ведения сельского хозяйства, 1978). Территория сложена гравелисто-галечниковыми образованиями перекрытые мелкоземистым пролювием суглинистого и глинистого гранулометрического состава. Сазовая зона характеризуется близким расположением грунтовых вод, в пределах 0,5-4 метра. Лессовидные суглинки и глины являются основными почвообразующими породами. В почвенном покрове данного участка преобладают комплексы и сочетания почв гидроморфного и аллювиально-гидроморфного рядов увлажнения, сазового

режима, лугово-сероземных, луговых, лугово-болотных, солончаков и солонцев. Естественная растительность представлена эфемерово-пыльной, луговой, лугово-болотной и солянково-бигунной ассоциациями в различных комплексах и сочетаниях.

Предгорья и предгорные равнины хребта Каратау выделены в Каратауский подрайон, преобладающие почвы – сероземы обыкновенные на плотных породах. Элювиальные и делювиальные материалы гранитов, известняков, песчаников приходятся основными почвообразующими породами. Данный участок характеризуется как безводный, в соответствии с этим растительность однообразная – сильно изреженные эфемерово-пыльные ассоциации.

Территория, расположенная между озерами Аккол, Ашиколь и долиной Таласа сложена суглинками, в местах останцовых возвышенностей мелким гравием, дресвой, крупнозернистым песком. На этом участке почвообразовательные процессы осложняются малым количеством атмосферных осадков и большой испаряемостью (Климаттың өзгеру жағдайындағы..., 2024).

Долина реки Талас характеризуется лугово-сероземными, серо-бурыми солончаковыми, лугово-болотными почвами, на которых распространены фрагментарные тугайные сообщества. Пригодные для растениеводства, участки поймы, надпойменной террасы Таласа и Асы заняты орошаемыми площадями. На участках, где нет орошаемых земель, развиты сероземы светлые северные, засоленные, солончаковатые, соры, солончаки непригодные для растениеводства, а также песчаные массивы закрепленных песков (Forbes Kazakhstan; Smanov et al., 2025).

Дельтовые участки Таласа и Асы различаются по геолого-геоморфологическим условиям. Согласно (Почвы Казахской ССР, 1967), выделен Сарыкемский останцовый, Таласский дельтовый и Нижне-Таласский древнетеррасовый районы. Сарыкемский район характеризуется палеоген-неогеновыми гравелисто-галечниковыми образованиями, делювиально-пролювиальные отложения которых являются почвообразующими породами классических серобурых пустынных почв. Нижняя дельта Таласа, террасовидная равнина с пестрым почвенным покровом, преобладают лугово-сероземные солончаковатые почвы, развиты солончаки, солонцы, а также встречаются пойменно-луговые, лугово-болотные. Правобережье дельтовой части Таласа характеризуются лугово-болотными со-

лончаковатыми почвами легкосуглинистого механического состава.

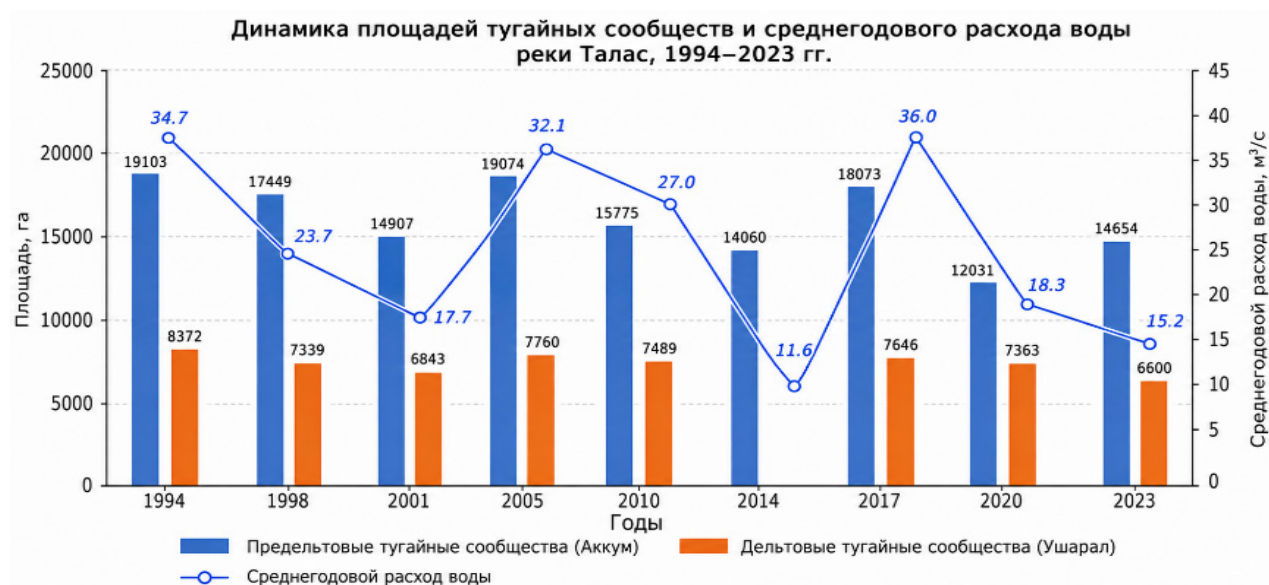
Фондовые материалы, результаты исследования растительного покрова песчаного массива Мойынкум, прилегающих к бассейну на увеличение доли сорных видов растительности до 85%, что негативно сказывается на пастбищном животноводстве (Taukebayev et al., 2026).

Результаты полевых исследований почвенно-растительного покрова указывают на негативное состояние почвенно-растительного покрова. Лабораторный анализ почвенных образцов, в частности в нижнем течении, на останцовых возвышенностях свидетельствуют о тенденции к постепенном увеличении общей засоленности и концентрации ионов (Smanov et al., 2025). Такая ситуация напрямую негативно влияет на развитие растениеводства, ухудшению пастбищных ресурсов бассейна.

Полевые исследования территории Таласского района – нижнее течения реки Талас и ее дельтовая часть подтверждает тезис об ухудшении естественных ПТК, как результате изменения климата и искусственным уменьшении водных ресурсов (Климаттың өзгеру жағдайындағы..., 2024). В частности, площадь водно-болотных ПТК за период 2000-2020 годы сократились с 351,1 км² до 340,3 км², или на чуть более 3%, площадь луговых ПТК сократилась с 4430,1 км² до 3081,4 км², или на 30,4 %, ПТК кустарников – с 3518,8 км² до 2003,1 км², или на 43,1%. Водная поверхность в виде естественных озер, озер-стариц, сократились с 73,3 км² до 53,7 км², или на 26,8%. В то же время площадь солончаков увеличилось почти втрое, с 25,4 км² до 73,8 км². Особняком стоит сокращение тугайных сообществ, которые являются естественными хранителями видового разнообразия растительного покрова. За 30-летний период площадь тугайных ПТК сократилась на 23,3 % в преддельтовой части и на 21,2 % в дельте реки Талас. Существенные колебания атмосферных осадков и речного стока свидетельствуют о значительном влиянии гидрологического режима реки на состояние и площадь тугайных природно-территориальных комплексов. На рисунке 7 представлена динамика изменения площади природных тугайных сообществ в верхней и нижней дельтовых частях реки Талас за 1994–2023 гг. в сопоставлении с изменениями речного стока за 1990–2021 гг. Такое сопоставление позволяет проследить взаимосвязь между изменением водности реки и динамикой площади тугайных ПТК.

Рисунок 7

Динамика изменения площади природных тугайных сообществ в верхней и нижней дельтовых частях реки Талас за 1994–2023 гг., га, и речного стока реки Талас за 1990–2021 гг., м³/с



Для более детальной оценки реакции растительного компонента природно-территориальных комплексов на изменение гидроклиматических условий проведен анализ многолетней динамики нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) по архивным спутниковым данным Landsat. В качестве репрезентативных временных срезов рассмотрены 1994, 1998, 2001, 2005, 2010, 2014, 2017, 2020 и 2023 гг., что позволило проследить пространственные изменения растительного покрова в дельтовой и предельтовой частях реки Талас на протяжении почти тридцатилетнего периода (Климаттың өзгеру жағдайындағы..., 2024).

Статистические характеристики NDVI подтверждают выраженную межгодовую изменчивость состояния растительного покрова. По исходным расчетам средние значения индекса в полном статистическом ряду изменялись примерно от 0,201 до 0,329. Наиболее высокое среднее значение отмечено в 2017 г. (0,329), тогда как минимальное среднее значение приходилось на 2001 г. (0,201). Для 1994, 1998 и 2023 гг. средние значения составляли соответственно 0,243, 0,272 и 0,276. Эти показатели характеризуют общий спектральный отклик растительного покрова исследуемых участков и поэтому должны рассматриваться совместно с результатами картографирования площади тугайных ПТК и данными о речном стоке.

Картографический анализ показывает, что в 1994–2001 гг. в исследуемой части бассейна происходило общее ослабление растительного покрова, наиболее заметное на участках, непосредственно связанных с пойменно-дельтовым увлажнением. В 2005 г. наблюдалось восстановление и пространственное расширение участков с более высокими значениями NDVI. В последующие годы динамика приобрела колебательный характер: периоды относительного восстановления сменялись сокращением площади и плотности растительности. Особенно отчетливо это проявляется при сравнении 2017 и 2020 гг., когда после относительно благоприятного состояния растительного покрова отмечается его заметное ослабление.

Сопоставление результатов NDVI с рассчитанной площадью тугайных ПТК показывает, что их изменение не носит строго однонаправленного характера. На фоне общего сокращения тугайных сообществ за 1994–2023 гг. отмечались отдельные периоды восстановления. В предельтовой части после снижения площади в маловодные годы произошло ее увеличение в 2005 г. до 19074 га и повторное расширение в 2017 г. до 18073 га. Минимальное значение было зафиксировано в 2020 г. – 12031 га, после чего к 2023 г. площадь увеличилась до 14654 га. В дельтовой части амплитуда изменений была меньше: после 8372 га в 1994 г. площадь сократилась до 6843

га в 2001 г., увеличивалась до 7760 га в 2005 г. и 7646 га в 2017 г., а к 2023 г. уменьшилась до 6600 га.

Совместный анализ результатов дистанционного зондирования и гидрологических данных позволяет связать указанные колебания прежде всего с изменением водообеспеченности нижнего течения. Отдельные относительно многоводные годы 1994–1996 гг. в пределах продолжительной маловодной фазы, а также многоводные периоды 2002–2006 и 2016–2018 гг. сопровождалась более благоприятным состоянием пойменно-дельтовой растительности и увеличением площади тугайных сообществ. Напротив, маловодные периоды и устойчивое снижение годового стока после 2019 г. совпадают с сокращением тугайных ПТК и уменьшением участков с высоким спектральным откликом растительности. Следовательно, растительный покров выступает одним из наиболее динамичных индикаторов изменения состояния ПТК и быстро реагирует на изменение речного стока, атмосферного увлажнения и уровня грунтовых вод.

Пространственная структура рассчитанных значений NDVI также неоднородна. Участки с относительно высокими значениями индекса тяготеют к долине и бывшим протокам реки, понижениям рельефа и территориям с более доступными поверхностными и грунтовыми водами. На прилегающих более сухих равнинных и песчаных участках преобладают низкие и средние значения NDVI. Такая пространственная дифференциация согласуется с установленной для бассейна ролью поверхностного стока и глубины залегания грунтовых вод в формировании тугайных, луговых и других гидроморфных растительных сообществ.

Рисунок 8 наглядно показывает чередование периодов более развитого и ослабленного растительного покрова. Более выраженное распространение зеленых участков прослеживается в 1994, 2005 и 2017 гг., тогда как в 2001, 2010 и особенно в 2020 гг. возрастает доля территорий с пониженными значениями индекса. В 2023 г. в преддельтовой части отмечаются признаки частичного восстановления растительности, в то время как для дельтовой части сохраняется

более выраженное сокращение тугайных сообществ, что соответствует рассчитанной динамике их площади.

Взаимосвязь состояния тугайных ПТК с гидроклиматическими факторами

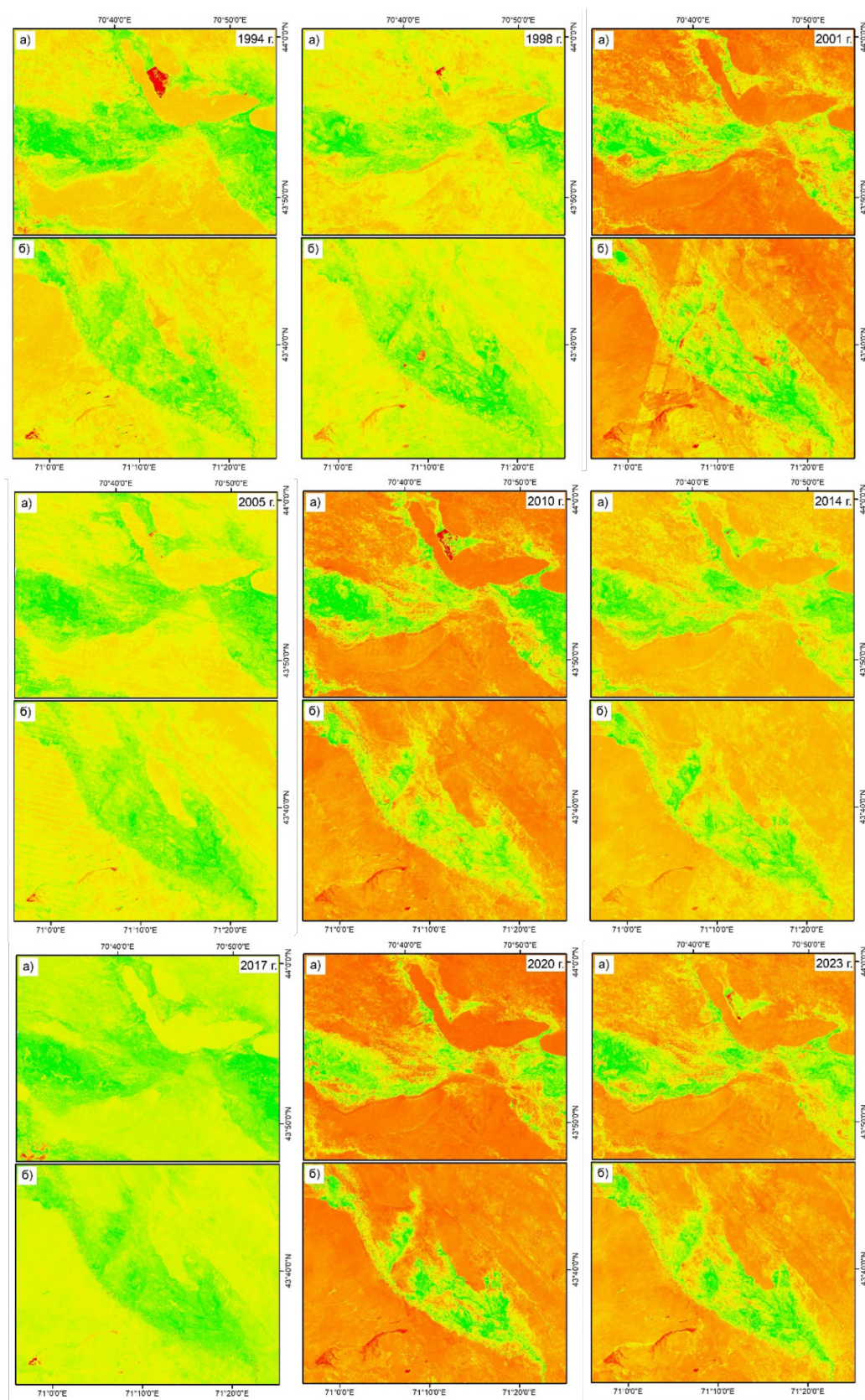
Для количественной оценки взаимосвязи между состоянием тугайных природно-территориальных комплексов и гидроклиматическими факторами был проведен корреляционный анализ площади тугайных сообществ, среднегодового расхода воды, атмосферных осадков и температуры воздуха (рис. 9). Результаты показывают, что наиболее тесная положительная связь наблюдается между площадью тугайных сообществ и среднегодовым расходом воды реки Талас (Q). Коэффициент корреляции для района Аккума составляет $r = 0,84$, а для Ушарала – $r = 0,78$. Полученные значения подтверждают значительную роль речного стока в формировании условий увлажнения и сохранении тугайной растительности нижнего течения реки Талас.

Положительная корреляция установлена также между площадью тугайных сообществ и атмосферными осадками (P). В зависимости от пункта наблюдений значения коэффициента корреляции составляют в пределах $r = 0,33–0,69$. Наиболее выраженная связь для Аккума отмечена с осадками по данным Ойыка и Тараза ($r = 0,69$), а для Ушарала – по данным Тараза ($r = 0,56$). При этом связь с осадками в целом слабее, чем со среднегодовым расходом воды, что указывает на более сильное влияние речного стока на водообеспеченность пойменно-дельтовых ПТК.

Для температуры воздуха (T) наблюдается преимущественно обратная зависимость. Особенно выражена она для тугайных сообществ Ушарала, где коэффициенты корреляции с температурными рядами различных пунктов изменяются от $r = -0,40$ до $-0,77$. Для Аккума отрицательная связь менее выражена и составляет преимущественно $r = -0,23 \dots -0,34$. Это позволяет предположить, что повышение температуры при недостаточной водообеспеченности может усиливать испарение и водный стресс растительности, способствуя ухудшению состояния тугайных ПТК.

Рисунок 8

Пространственно-временная динамика индекса NDVI в дельтовой и преддельтовой частях реки Талас за 1994-2023 гг.: а) дельтовая часть; б) преддельтовая часть

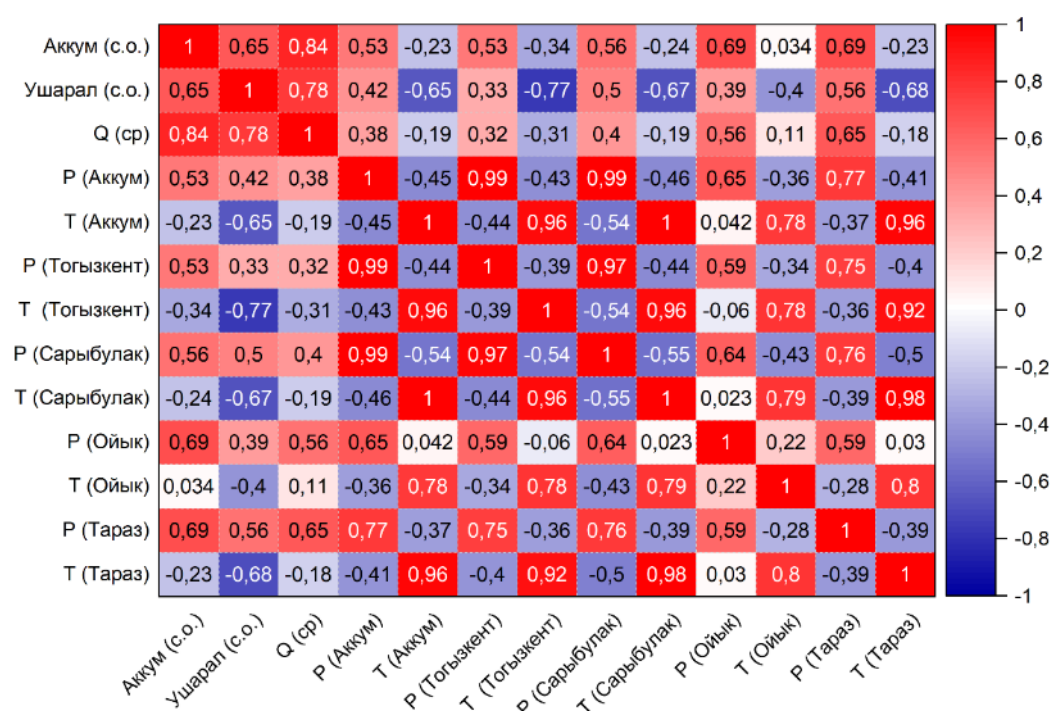


Корреляционная матрица также показывает высокую согласованность климатических рядов внутри исследуемого бассейна. Между показателями атмосферных осадков в Аккуме, Тогызкенте и Сарыбулаке коэффициенты достигают $r = 0,97–0,99$, а между температурными рядами отдельных пунктов – $r = 0,92–1,00$. В целом полученные ре-

зультаты подтверждают, что одним из основных факторов изменения площади тугайных сообществ является водность реки Талас, тогда как атмосферные осадки оказывают преимущественно положительное, а повышение температуры – преимущественно отрицательное воздействие на состояние растительного покрова.

Рисунок 9

Корреляционная матрица взаимосвязей площади тугайных сообществ и основных гидроклиматических показателей бассейна реки Талас



Примечание: Q – среднегодовой расход воды, м³/с; P – годовое количество атмосферных осадков, мм; T – среднегодовая температура воздуха, °C; с.о. – площадь тугайных сообществ; r – коэффициент корреляции.

Климатический фон усиливает чувствительность этих комплексов к дефициту воды. Приведенные выше данные метеостанций и CRU TS 4.08 свидетельствуют о росте среднегодовой температуры воздуха в различных частях бассейна примерно на 1,4-1,8 °C за рассматриваемый многолетний период, тогда как для равнинной части характерна значительная межгодовая изменчивость и, по данным станции Ойык, выраженное снижение количества осадков. Удлинение теплого периода само по себе может способствовать увеличению продолжительности вегетации, однако при дефиците осадков и уменьшении речного стока рост температуры

увеличивает испарительные потери и водный стресс растений. В результате климатический фактор действует совместно с гидрологическим режимом и усиливает последствия антропогенного изъятия стока на орошение.

Полученные результаты согласуются с полевыми наблюдениями состояния почвенно-растительного покрова. Сокращение и фрагментация участков с более высоким вегетационным индексом, особенно в нижнем течении и дельте, соответствуют отмеченным изменениям природных компонентов: увеличению засоленности почв, расширению солончаковых и соровых участков, сокращению водно-болотных и луго-

вых комплексов. Одновременно периоды повышения NDVI и восстановления площади тугайных сообществ показывают, что при увеличении водности и улучшении условий увлажнения данные ПТК сохраняют способность к частичному восстановлению.

Результаты NDVI-анализа дополняют гидрологические, климатические и полевые данные и подтверждают, что современное состояние пойменно-дельтовых ПТК бассейна Таласа определяется совокупным воздействием природной гидроклиматической изменчивости и антропогенного регулирования стока. В условиях общего уменьшения водообеспеченности наиболее уязвимыми являются тугайные и водно-болотные комплексы, состояние которых напрямую связано с доступностью поверхностных и грунтовых вод. Это обстоятельство имеет практическое значение для разработки мероприятий по рациональному водопользованию, поддержанию экологических попусков и сохранению наиболее ценных природных комплексов нижнего течения реки Талас.

Таким образом, почвенно-ботанические исследования указывают на негативную тенденцию их развития, вследствие чего современное состояние ПТК характеризуется сложной и динамичной структурой изменений. Вариативность современного состояния ПТК бассейна на данном этапе напрямую зависит от объемов стока реки Талас, которые разбирают на орошение в верхней части реки (включая территории Казахстана и Кыргызстана). Необходимо отметить, ПТК водораздельных участков более консервативны, мало изменились, за исключением замкнутых впадин, где получили сильное развитие солончаки, соры.

Антропогенное воздействие на современное состояние ПТК бассейна реки Талас проявляется прежде всего в изъятии части речного стока на орошение и увеличении пастбищной нагрузки. В условиях естественной гидроклиматической изменчивости дополнительное изъятие воды усиливает дефицит водных ресурсов в нижнем течении и дельтовой части реки, что может способствовать сокращению площади водно-болотных и тугайных сообществ и трансформации почвенно-растительного покрова. За период 1950-х по 2020 годы объем стока Таласа на казахстанской части бассейна сократился с 1,511 км³ (средний показатель за период 1946-1975) до 0,971 км³ (Казгидромет, 2023). Площадь ледников и объем горных ледников сократился в

более 2 раза (Вилесов, 2014). За последние 100 лет наблюдается увеличение орошаемых земель в бассейне реки Талас, в частности на кыргызской части бассейна увеличение составило более чем 4 раза. На сегодняшний день, общая площадь орошаемых земель в бассейне составляет в пределах 160-170 тысяч гектаров. Вследствие этого, дефицит воды в нижнюю часть бассейна приведет к заметным изменениям природных факторов ПТК. С учетом понижения уровня пресных и слабоминерализованных подземных вод антропогенное вмешательство может привести к понижению урожайности естественных пастбищ, ухудшению его качества, а также к сокращению естественных водно-болотных, тугайных сообществ, и в общем к сокращению растительного покрова на естественных ПТК бассейна.

Еще один антропогенный фактор определения современного состояния ПТК бассейна – животноводство. На территории Жамбылского, Байзакского и Таласского районов поголовье сельскохозяйственных животных за последнее 12 лет выросло с 782,4 тысяч голов до 1 216,7 тысяч голов, увеличение составило более чем в 1,5 раза (Алдажанова и Кудерин, 2019). Расчет показал следующее: на единицу сельскохозяйственных животных в Байзакском районе приходится 0,7 га пастбищ, Жамбылском районе – 0,9 га и Таласском районе – 2,7 га. Эти цифры не могут отражать реальную ситуацию, как отмечалось выше площадь пастбищ указаны без учета пастбищ песчаного массива Мойынкумов, и логично отметить, что для различных видов сельскохозяйственных животных потребности в площадях будут различны. Необходимо учитывать площадь деградированных пастбищ, согласно (Алдажанова и Кудерин, 2019), данный показатель в Байзакском районе составляет 116,8 тысяч га или 34% от всей площади пастбищ района, Жамбылском – 134,6 тысяч га – 39%, Таласском – 77,9 тысяч га – 7,9%. Урожайность пастбищ составляет в Байзакском районе 3,5 ц/га, Жамбылском – 3,6 ц/га и в Таласском – 4,2 ц/га (с учетом пастбищ на песчаном массиве Мойынкум).

Деградация пастбищ означает, ухудшение качества растительного сообщества, частичное или полное его разрушение, а также разрушение почвенного покрова (Министерство сельского хозяйства РК, 2017). На территории бассейна такое наблюдается на пастбищах при населенных пунктах, на дальних пастбищах на участках водопоя, загонов (рис. 10)

Рисунок 10

а) зимник; б) деградированное пастбище. Таласский район, координаты: 43°21' с.ш. – 70°49' в.д., Н = 425 метров



а



б

Фактически наблюдается значительное изменение составных частей ПТК – почвы и растительный покров, что изменяет современное состояние природного комплекса.

Заключение

Проведённое исследование показало, что современное состояние природно-территориальных комплексов бассейна реки Талас формируется в результате совместного воздействия гидроклиматических процессов и антропогенной нагрузки. Анализ материалов дистанционного зондирования, климатических и гидрологических данных, статистической информации и результатов полевых исследований позволил установить следующие основные закономерности:

1. Литогенная основа ПТК бассейна фактический не изменился, все геолого-геоморфологические процессы соответствуют пустынным комплексам умеренного пояса. На участках прямого антропогенного вмешательства (промышленные объекты, населенные пункты, пашни) изменены формы рельефа.

2. Гидрогеологические условия оказывают существенное влияние на пространственную дифференциацию ПТК бассейна. Глубина залегания и минерализация подземных вод определяют условия формирования гидроморфной растительности, процессы засоления и состояние почвенно-растительного покрова в дельтовых и пойменных участках.

3. Гидроклиматические условия бассейна характеризуются повышением среднегодовой температуры воздуха, значительной межгодовой изменчивостью атмосферных осадков и чередованием многоводных и маловодных периодов.

Повышение температуры при недостаточной водообеспеченности способствует увеличению испарительных потерь и водного стресса растительности, тогда как изменение речного стока непосредственно отражается на состоянии пойменно-дельтовых растительных сообществ.

4. В почвенно-растительном покрове наблюдаются изменения, связанные как с гидроклиматической изменчивостью, так и с антропогенным воздействием в виде увеличения площади орошаемых земель и перевыпаса пастбищ.

Финансирование: Настоящее исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP26104923).

Вклад авторов:

Разработка концепции исследования – С.М. Дуйсенбаев, Ж.М. Сманов; постановка цели и задач исследования – С.М. Дуйсенбаев, Ж.М. Сманов; Ж.А. Токтаров; сбор, систематизация и обработка исходных данных – А.С. Нысанбаева, Ж.А. Токтаров, Ж.М. Сманов, М.С. Рахимова; ГИС-анализ, обработка материалов дистанционного зондирования и подготовка картографических материалов – Ж.А. Токтаров, Ж.М. Сманов; анализ климатических и гидрологических данных – С.М. Дуйсенбаев, А.С. Нысанбаева; интерпретация результатов исследования – С.М. Дуйсенбаев, Ж.М. Сманов, О.Ж. Таукебаев; подготовка первоначального текста рукописи – Ж.А. Токтаров; редактирование и доработка текста – С.М. Дуйсенбаев, М.С. Рахимова, Ж.М. Сманов, О.Ж. Таукебаев; визуализация результатов – Ж.А. Токтаров; общее научное руководство – М.С. Рахимова, О.Ж. Таукебаев.

Литература

- Солнцев Н.А. К теории природных комплексов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1968, № 3.
- Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск. Наука, 1978. – 319 с.].
- Исаченко А. Г. Основы ландшафтоведения. М. 1991. – 391 с.
- Ландшафтная школа Московского университета: традиции, достижения, перспективы / Под ред. К.Н. Дьяконова, И.И.М. Мамай. М.: Русаки, 1999. 200 с.
- T. Simensen, R. Halvorsen, L. Erikstad. Methods for landscape characterisation and mapping: A systematic review, *Land Use Policy*, Volume 75, 2018, Pages 557-569, ISSN 0264-8377.
- R. F. Noss. A Regional Landscape Approach to Maintain Diversity, *BioScience*, Volume 33, Issue 11, December 1983, Pages 700–706.
- R. F. Noss. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology*. December 1990 4(4):355-364.
- Richard T. T. Forman, Michel Godron. *Landscape Ecology*. 1986;
- Richard T. T. Forman. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. 1995.
- Robert G. Bailey. *Ecoregions: The Ecosystem Geography of the Oceans and Continents*. 1998. 13. Christian K. Zonneveld. *Land Ecology*. 1995.
- Мурзаев Э.М. Центральная Азия. Опыт физико-географической характеристики. – М.: Мысль, 1958. – 312 с.
- Петров М.П. Пустыни Центральной Азии. – Л.: Наука, 1967. – 288 с.
- Ландшафты Казахстана / Под ред. Н.А. Гвоздецкого. – Алма-Ата: Наука, 1969. – 264 с.
- Медоев А.А. География пустынь Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 240 с.
- Бабаев А. Г. Пустыни мира. М. 1985.
- Dryland Ecohydrology. – Dordrecht: Springer, 2006. Edited by P. D’Odorico, A. Porporato.
- Thomas D.S.G. The Physical Geography of Deserts. – Oxford: Oxford University Press, 2011. – 352 p.
- Whitford W.G., Duval B.D. Ecology of Desert Systems. – 2nd ed. – London: Academic Press, 2020. – 520 p.
- Базовые концепции и понятия ландшафтоведения. https://landscapeedu.ru/bazovye_kontseptsii_i_ponyatiya_landshaftovedeniya.shtml.
- Методика по проведению крупномасштабных почвенных изысканий земель. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300031999>.
- Методика по проведению крупномасштабных (1:1000 – 1:100 000) геоботанических изысканий природных кормовых угодий РК. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200030043/info>.
- Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С. Современные методы географических исследований. М.: Просвещение, 1996. 207 с.
- Жучкова В.К., Раковская Э.М. Методы комплексных физико-географических исследований. Учебное пособие. М.: Изд. Центр “Академия”, 2004. 368 с.
- Mussina A., Abdullayeva A., Zhanabayeva Z., Rakhimova M., Akhmetova M., Kozhakhmetova U., Liu T., Taukebayev O. GIS and RS data-based morphometric analysis of the Talas river watershed characteristics // *Hydrology Research*. 2025. Vol. 56, No. 7. Article 572.
- Геология СССР, том XL. Южный Казахстан. Геологическое описание. Книга. Редактор Ш. Е. Есенов. М., Недра. – 1971. 547 с.
- Рельеф Казахстана (пояснительная записка к Геоморфологической карте Казахской ССР масштаба 1: 1 500 000). В 2 – х частях. Ч.1. Алма – Ата. Гылым, 1991. -168с.
- Геологическое строение Казахстана. Под ред. Г. Р. Бекжанова, В. Я. Кошкина, И. И. Никитченко. Алматы: Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан. 2000. – 396 с.
- Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1. А., 2010.
- Гидрогеология СССР. Том 36. Южный Казахстан. – М.: Недра, 1970. – 472 с.
- World map of the Koppen-Geiger climate classification updated. M Kottek, J Grieser, C Beck, B Rudolf, F Rubel. 2006.
- Хромов С.П. Метеорология и климатология: учебник. – 7-е изд. / С.П. Хромов., М.А. Петросянц. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 582 с.
- Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2008-2021 // Министерство экологии, геологии и природных ресурсов РГП предприятие «Казгидомет», Научно-исследовательский центр. Нур-Султан, 2009-2022.
- Справочник по климату Казахстана. Раздел 1. Температура воздуха. Раздел 2. Атмосферные осадки. Алматы. 2005.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 13. Средняя Азия. Вып. 3. Бассейны рек Чу и Талас. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 384 с.
- Гидрология СССР. Т. 14. Средняя Азия. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 456 с.
- Отчет «О деятельности комиссии РК и КР по использованию водохозяйственных сооружений межгосударственного пользования на реках Чу и Талас в период 2008...2009 гг. 19 с.
- Вилесов Е.Н. Оценка изменений оледенения в бассейнах рек Асса и Талас по данным космосъемки 2013 года. Оледенение, баланс массы ледников, абляция, ледниковый сток. Гидрометеорология и экология №4 2014. Стр 42-51.
- Гидрологические основы оросительных мелиораций в бассейнах рек Чу и Талас. Под ред. К. В. Цыценко, В. В. Сума-роковой. Л.: Гидрометеиздат, 1990 – 334 с.

- Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1998 г. Выпуск 3 Бассейны рек Сырдарьи, Шу и Талас. Алматы 2003. Стр. 122-123.
- Ежегодный гидрологический бюллетень. 2023.
- Почвы Казахской ССР. Выпуск 7. Жамбылская область. А. 1967. – 367 с.
- Карта почвенно-географического районирования Казахстана. Алма-Ата, 1970.
- Smanov Z. et al. Soil salinization and its impact on the degradation of agricultural landscapes of the Talas district, Kazakhstan. *Journal of the geographical institute «Jovan cvijić» SASA*. vol. 75 no. 2 (2025).
- Национальный статистический комитет Кыргызской Республики.
- Рекомендации по системе ведения сельского хозяйства. Жамбылская область. А.: Кайнар, 1978. – 312 с.
- https://forbes.kz/news/newsid_108937.
- Алдажанова Г. Б., Кудерин А. А. Оценка земельных ресурсов Жамбылской области для сельскохозяйственного освоения. *География и водные ресурсы*. 2019. № 2. Стр 45-53.
- Земельные ресурсы Жамбылской области // Официальный сайт КГУ «Управление земельных отношений акимата Жамбылской области»
- Сельское хозяйство Жамбылской области за 2017 год. – Тараз, 2018. – 156 с.
- Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстана. Жамбылская область. Динамические ряды.
- Климаттың өзгеру жағдайындағы Жамбыл облысы, Талас ауданының ландшафттары: ұжымдық монография. Алматы. Қазак университети, 2024. – 248 бет.
- O. Taukebayev et al. Monitoring of Vegetation Degradation in various Landscapes of the Moyinkum Desert, Kazakhstan. *OnLine Journal of Biological Sciences*. Volume 26 No. 2, 2026.
- Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстана от 9 декабря 2024 года № 394. Норма площади пастбищ на 1 голову сельскохозяйственного животного на восстановленных и деградированных угодьях.
- Приказ и.о. Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 27 апреля 2017 года № 185. Об утверждении Методики проведения мероприятий по борьбе с деградацией и опустыниванием пастбищ, в том числе аридных.

References

- Solntsev, N. A. (1968). On the theory of natural complexes. *Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography*.
- Sochava, V. B. (1978). Introduction to the theory of geosystems. Novosibirsk: Nauka. 319 p.
- Isachenko, A. G. (1991). Fundamentals of landscape science. Moscow. 391 p.
- Dyakonov, K. N., & Mamai, I. I. (Eds.). (1999). The landscape school of Moscow University: Traditions, achievements, and prospects. Moscow: Rusaki. 200 p.
- Simensen, T., Halvorsen, R., & Erikstad, L. (2018). Methods for landscape characterisation and mapping: A systematic review. *Land Use Policy*, 75, 557–569. ISSN 0264-8377.
- Noss, R. F. (1983). A regional landscape approach to maintain diversity. *BioScience*, 33(11), 700–706.
- Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4), 355–364.
- Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). Landscape ecology.
- Forman, R. T. T. (1995). Land mosaics: The ecology of landscapes and regions.
- Bailey, R. G. (1998). Ecoregions: The ecosystem geography of the oceans and continents.
- Zonneveld, C. K. (1995). Land ecology.
- Murzaev, E. M. (1958). Central Asia: An essay in physical-geographical characterisation. Moscow: Mysl. 312 p.
- Petrov, M. P. (1967). Deserts of Central Asia. Leningrad: Nauka. 288 p.
- Gvozdetzky, N. A. (Ed.). (1969). Landscapes of Kazakhstan. Alma-Ata: Nauka. 264 p.
- Medoev, A. A. (1985). Geography of the deserts of Kazakhstan. Alma-Ata: Nauka. 240 p.
- Babaev, A. G. (1985). Deserts of the world. Moscow.
- D’Odorico, P., & Porporato, A. (Eds.). (2006). Dryland ecohydrology. Dordrecht: Springer.
- Thomas, D. S. G. (2011). The physical geography of deserts. Oxford: Oxford University Press. 352 p.
- Whitford, W. G., & Duval, B. D. (2020). Ecology of desert systems (2nd ed.). London: Academic Press. 520 p.
- Basic concepts and terms of landscape science. https://landscapeedu.ru/bazovye_kontseptsii_i_ponyatiya_landshaftovedeniya.shtml
- Methodology for conducting large-scale soil surveys of land. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300031999>
- Methodology for conducting large-scale geobotanical surveys of natural forage lands of the Republic of Kazakhstan at scales from 1:1,000 to 1:100,000. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200030043/info>
- Dyakonov, K. N., Kasimov, N. S., & Tikunov, V. S. (1996). Modern methods of geographical research. Moscow: Prosveshchenie. 207 p.
- Zhuchkova, V. K., & Rakovskaya, E. M. (2004). Methods of integrated physical-geographical research: A textbook. Moscow: Akademiya Publishing Centre. 368 p.
- Mussina, A., Abdullayeva, A., Zhanabayeva, Z., Rakhimova, M., Akhmetova, M., Kozhakhmetova, U., Liu, T., & Taukebayev, O. (2025). GIS- and remote-sensing-data-based morphometric analysis of the Talas River watershed characteristics. *Hydrology Research*, 56(7), Article 572.

- Esenov, Sh. E. (Ed.). (1971). Geology of the USSR. Volume XL: Southern Kazakhstan. Geological description. Moscow: Nedra. 547 p.
- Relief of Kazakhstan: Explanatory note to the geomorphological map of the Kazakh SSR at a scale of 1:1,500,000. (1991). In 2 parts, Part 1. Alma-Ata: Gylm. 168 p.
- Bekzhanov, G. R., Koshkin, V. Ya., & Nikitchenko, I. I. (Eds.). (2000). Geological structure of Kazakhstan. Almaty: Academy of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan. 396 p.
- National Atlas of the Republic of Kazakhstan. Volume 1. (2010). Almaty.
- Tsytsenko, K. V., & Sumarokova, V. V. (Eds.). (1990). Hydrological foundations of irrigation reclamation in the Chu and Talas River basins. Leningrad: Gidrometeoizdat. 334 p.
- Hydrogeology of the USSR. Volume 36: Southern Kazakhstan. (1970). Moscow: Nedra. 472 p.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen–Geiger climate classification updated.
- Khromov, S. P., & Petrosyants, M. A. (2006). Meteorology and climatology: A textbook (7th ed.). Moscow: Moscow University Press and Nauka. 582 p.
- Annual bulletin on monitoring the state and changes of Kazakhstan's climate, 2008–2021. (2009–2022). Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, RSE Kazhydromet, Research Centre. Nur-Sultan.
- Climate reference book of Kazakhstan. Section 1: Air temperature. Section 2: Atmospheric precipitation. (2005). Almaty.
- Surface water resources of the USSR. Volume 13: Central Asia. Issue 3: The Chu and Talas River basins. (1973). Leningrad: Gidrometeoizdat. 384 p.
- Hydrology of the USSR. Volume 14: Central Asia. (1972). Leningrad: Gidrometeoizdat. 456 p.
- Report on the activities of the Commission of the Republic of Kazakhstan and the Kyrgyz Republic concerning the use of interstate water-management facilities on the Chu and Talas Rivers during 2008–2009. 19 p.
- Vilesov, E. N. (2014). Assessment of changes in glaciation in the Assa and Talas River basins based on satellite imagery from 2013. Glaciation, glacier mass balance, ablation, and glacier runoff. Hydrometeorology and Ecology, 4, 42–51.
- Annual data on the regime and resources of inland surface waters for 1998. Issue 3: The Syr Darya, Chu and Talas River basins. (2003). Almaty, pp. 122–123.
- Annual hydrological bulletin. (2023).
- Soils of the Kazakh SSR. Issue 7: Dzhambul Region. (1967). Alma-Ata. 367 p.
- Map of the soil-geographical zoning of Kazakhstan. (1970). Alma-Ata.
- Smanov, Z., et al. (2025). Soil salinization and its impact on the degradation of agricultural landscapes of the Talas District, Kazakhstan. Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA, 75(2).
- National Statistical Committee of the Kyrgyz Republic.
- Recommendations on the agricultural production system of Dzhambul Region. (1978). Alma-Ata: Kainar. 312 p.
- Forbes Kazakhstan. https://forbes.kz/news/newsid_108937
- Aldazhanova, G. B., & Kuderin, A. A. (2019). Assessment of the land resources of Zhambyl Region for agricultural development. Geography and Water Resources, 2, 45–53.
- Land resources of Zhambyl Region. Official website of the Municipal State Institution “Department of Land Relations of the Akimat of Zhambyl Region.”
- Agriculture of Zhambyl Region in 2017. (2018). Taraz. 156 p.
- Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan. Zhambyl Region: Time series.
- Landscapes of Talas District, Zhambyl Region, under climate change: A collective monograph. (2024). Almaty: Qazaq University. 248 p.
- Taukebayev, O., et al. (2026). Monitoring of vegetation degradation in various landscapes of the Moyinkum Desert, Kazakhstan. OnLine Journal of Biological Sciences, 26(2).
- Order No. 394 of the Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated 9 December 2024. Pasture area standards per head of livestock on restored and degraded lands.
- Order No. 185 of the Acting Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated 27 April 2017. On approval of the methodology for implementing measures to combat pasture degradation and desertification, including the degradation and desertification of arid pastures.

Сведения об авторах:

Дуйсенбаев Салават Маратович – старший преподаватель кафедры географии, землеустройства и кадастра, КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com).

Тоқтаров Жалғас Ақанұлы – младший научный сотрудник Центра геопространственных наук «Farabi GIS» КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: zhalgass.toktarov@gmail.com).

Сманов Жасұлан Маратұлы – старший научный сотрудник Центра геопространственных наук «Farabi GIS» КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: zhassulan.smanov@kaznu.edu.kz).

Нысанбаева Айман Сағынбаевна – к. г. н., доцент, заведующая кафедрой метеорологии и гидрологии КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: ayman.nysanbaeva@kaznu.edu.kz).

Taukebayev Omirzhan Zhalgasbekovich – PhD candidate, генеральный директор Кластера инжиниринга и наукоемких технологий КазНУ им. аль-Фараби, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики (Алматы, Казахстан, e-mail: omirzhan.taukebayev@kaznu.edu.kz).

Рахимова Молдир Сериковна – PhD, ведущий научный сотрудник Центра геопространственных наук «Farabi GIS» КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: moldirrahimova@gmail.com).

Information about the authors:

Duysenbaev Salavat Maratovich – Senior Lecturer Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com).

Toktarov Zhalgas Akanuly – junior researcher of the Center for Geospatial Sciences “Farabi GIS” of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhalgass.toktarov@gmail.com).

Smanov Zhassulan Maratuly – senior researcher of the Center for Geospatial Sciences “Farabi GIS” of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhassulan.smanov@kaznu.edu.kz).

Nyysanbayeva Aiman Sagynbayevna – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Meteorology and Hydrology, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: ayman.nyysanbaeva@kaznu.edu.kz).

Taukebayev Omirzhan Zhalgasbekovich – PhD candidate, General Director of the Cluster of Engineering and High Technologies of the Al-Farabi Kazakh National University, Senior Lecturer of the Department of Cartography and Geoinformatics (Almaty, Kazakhstan, e-mail: omirzhan.taukebayev@kaznu.edu.kz).

Rakhimova Moldir Serikovna – PhD, leading researcher of the Center for Geospatial Sciences «Farabi GIS» of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: moldirrahimova@gmail.com).

Авторлар туралы мәлімет:

Дүйсенбаев Салават Маратович – География жерге орналастыру және кадастр кафедрасының аға оқытушысы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (Алматы, Қазақстан, e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com).

Тоқтаров Жалғас Ақанұлы – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, «Farabi GIS» геокеңістіктік ғылымдар орталығының кіші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: zhalgass.toktarov@gmail.com).

Сманов Жасұлан Маратұлы – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, «Farabi GIS» геокеңістіктік ғылымдар орталығының маманы (Алматы, Қазақстан, e-mail: zhassulan.smanov@kaznu.edu.kz).

Нысанбаева Айман Сагынбаевна – г.ғ.к., доцент, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ метеорология және гидрология кафедрасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан, e-mail: ayman.nyysanbaeva@kaznu.edu.kz).

Taukebayev Omirzhan Zhalgasbekovich – PhD candidate, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Инжиниринг және жоғары технологиялар кластерінің бас директоры, Картография және геоинформатика кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: omirzhan.taukebayev@kaznu.edu.kz).

Рахимова Молдир Сериковна – PhD, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, «Farabi GIS» геокеңістіктік ғылымдар орталығының жетекші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: moldirrahimova@gmail.com).