

А.А. Токбергенова² , С.М. Дуйсенбаев^{2*} , К.Б. Зулпыхаров^{1,2} ,
О.Ж. Таукебаев¹ , Б. Біләлов² , Б. Сатвалдиев² 

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби,

Центр космических технологий и дистанционного зондирования Земли, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан

*e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

В предложенной работе рассматриваются современные физико-географические условия при изменениях климатических параметров. Климат, как один из важнейших факторов динамики и развития современных природных комплексов оказывает значительное воздействие на все ландшафтообразующие факторы. Динамичное изменение термического режима атмосферы приземного слоя воздуха в глобальном масштабе должны привести к ухудшению состояния естественных ландшафтов. В статье указывается, что за кратковременный период изменения климатических факторов, литогенная основа природного комплекса не может динамично меняться. Данное предположение обосновывается на результатах полевых исследований и литературный обзор по данной тематике. Для выполнения данного исследования были проведены сопряженный анализ литературных источников с современным картографическим материалом и спутниковыми снимками, проведен статистический анализ трендов изменений среднегодовой температуры воздуха приземного слоя и среднегодового количества атмосферных осадков по полевым точкам наблюдений. Результаты полевых и лабораторных исследований указывают на стабильность литогенной основы естественных природных комплексов, в том числе геолого-геоморфологических, почвообразующих процессов. Растительный покров и поверхностные воды показывают периодичность изменений, т. е. естественный ход их развития от влажных к засушливым периодам и наоборот. В результате данного исследования, без учета прямого антропогенного давления на естественные природные комплексы, можно предположить, что естественные природные комплексы не могут за несколько десятилетий измениться коренным образом. Для такого процесса при современном тренде изменения климатических показателей необходимо более длительный период.

Ключевые слова: ландшафт, природный комплекс, литогенная основа, климатические показатели, деградация, природная зона.

A.A. Tokbergenova², S.M. Duysenbayev^{2*}, K.B. Zulpykharov^{1,2},
O.Zh. Taukebayev¹, B. Bilalov², B. Satvaldiyev²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Space technologies and remote sensing Center, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com

Review of Modern Physical and Geographical Features of Western Kazakhstan in the Context of Global Climate Change

This paper examines the current physical and geographical conditions of Western Kazakhstan in the context of changing climate parameters. Climate, as one of the most critical factors influencing the dynamics and development of modern natural systems, significantly affects all landscape-forming components. The global, dynamic changes in the thermal regime of the near-surface atmospheric layer are expected to lead to the degradation of natural landscapes. The study highlights that over a relatively short period, shifts in climatic factors do not result in equally rapid changes in the lithogenic foundation of natural systems. This assumption is supported by both field research results and a review of relevant literature. The research involved a comparative analysis of literature sources, modern cartographic data, and satellite imagery. Additionally, statistical analysis was conducted on trends in the annual average near-surface air temperature and the annual amount of atmospheric precipitation based on field observation points. The results of field and laboratory studies indicate the stability of the lithogenic base of natural systems, including geological and geomorphological structures and soil-forming processes. In

contrast, vegetation and surface waters show cyclical changes, reflecting natural shifts between wetter and drier periods. The study concludes that, in the absence of direct anthropogenic pressure, natural systems are unlikely to undergo fundamental transformation within just a few decades. For such substantial changes to occur under the current climate change trends, a significantly longer period would be required.

Keywords: landscape, natural system, lithogenic foundation, climate indicators, degradation, natural zone.

А.А. Токбергенова², С.М. Дуйсенбаев^{2*}, К.Б. Зулпыхаров^{1,2},
О.Ж. Таукебаев¹, Б. Біләлов², Б. Сатвалдиев²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Ғарыштық технологиялар және Жерді қашықтан зондау орталығы, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: duysenbaev.s.m.64@gmail.com

Жаһандық климаттық өзгерістер аясында Батыс Қазақстанның қазіргі физикалық-географиялық ерекшеліктеріне шолу

Ұсынылған жұмыста климаттық параметрлердің өзгеруі кезіндегі қазіргі заманғы физикалық-географиялық жағдайлар қарастырылады. Климат қазіргі заманғы табиғи кешендердің серпіні мен дамуының маңызды факторларының бірі ретінде барлық ландшафт құраушы факторларға айтарлықтай әсер етеді. Жаһандық ауқымдағы жер бетіндегі ауа қабатында атмосфераның термикалық режимінің серпінді өзгеруі табиғи ландшафтардың жай-күйінің нашарлауына алып келуі тиіс. Мақалада климаттық факторлардың өзгеруінің қысқа мерзімді кезеңінде табиғи кешеннің литогендік негізі серпінді өзгермейтіні көрсетіледі. Бұл болжам далалық зерттеу нәтижелеріне және осы тақырып бойынша әдеби шолуға негізделеді. Осы зерттеуді орындау үшін әдеби дереккөздерге қазіргі картографиялық материалдармен және спутниктік суреттермен ұштасқан талдау жүргізілді, далалық бақылау нүктелері бойынша жер беті қабаты ауасының орташа жылдық температурасының және атмосфералық жауын-шашынның орташа жылдық мөлшерінің өзгеру трендтеріне статистикалық талдау жүргізілді. Далалық және зертханалық зерттеулердің нәтижелері табиғи кешендердің, оның ішінде геологиялық-геоморфологиялық, топырақ түзу процестерінің литогендік негізінің тұрақтылығын көрсетеді. Өсімдік жамылғысы мен жер үсті сулары өзгерістердің кезеңділігін, яғни олардың ылғалды кезеңнен құрғақшылыққа қарай және керісінше табиғи даму барысын көрсетеді. Осы зерттеу нәтижесінде табиғи кешендерге тікелей антропогендік қысымды есептемегенде, табиғи кешендер бірнеше онжылдықта түбегейлі өзгермейді деп болжауға болады. Климаттық көрсеткіштердің өзгеруінің қазіргі трендінде мұндай үдеріс үшін неғұрлым ұзақ кезең қажет.

Түйін сөздер: ландшафт, табиғи кешен, литогендік негіз, климаттық көрсеткіштер, деградация, табиғи аймақ.

Введение

Целью представленной работы является описание современной физико-географической ситуации на территории Западного Казахстана в условиях динамичных климатических изменений. Под физико-географическими условиями подразумеваются общепринятые природные компоненты – рельеф и горными породами, климатические условия, поверхностные и подземные воды, почвы, растительный покров и животный мир, которые являются составными частями природного комплекса. Из указанных компонентов самые динамичные растительный покров и животный мир, поверхностные воды, менее динамичны климатические условия. Литогенная часть природного комплекса, состоящие из различных горных пород в сочетании с

водой и живыми организмами более консервативна, относительно предыдущих.

В данной работе описание физико-географических условий и ее динамика представлена в классической форме, после географического положения идет описание литогенной основы территории, далее климатические показатели в динамике, которые играют значительную роль в геолого-геоморфологических процессах, в образовании и размещении поверхностных и подземных вод. Также рассматриваются вопросы влияния климатического фактора на почвенно-растительный покров, как самые динамичные физико-географические факторы [1] Amy T. East, Joel B. Sankey, 2020, Claire Boulter et.al 2) Гельфан, А. и др., 2024].

Глобальное изменение климатических показателей оказывают существенное влияние на

многие физико-географические компоненты, в некоторых случаях, например, удлинение вегетационного периода положительно сказывается на растительном покрове, в то же время увеличение амплитуды среднегодовой температуры негативно отражается на его состоянии.

В представленной работе не рассматриваются процессы воздействия антропогенной деятельности на естественные природные комплексы. Антропогенный фактор действующий на динамику и развитие естественных природных комплексов имеет огромное значение, но ограничено по площади. Необходимо отметить, что

влияние некоторых отраслей промышленности и сельского хозяйства приводят к коренному изменению ландшафтов.

Территория исследования: Актюбинская, Атырауская, Западно-Казахстанская и Мангистауская административные области Республики Казахстан (рисунок 1). Общая площадь рассматриваемой территории 736241 км², население составляет 3120433 человек (2022), плотность составляет 4,24 человека на 1 км². Западный Казахстан является минерально-сырьевой базой республики – добыча и переработка углеводородного сырья, рудных и нерудных полезных ископаемых.

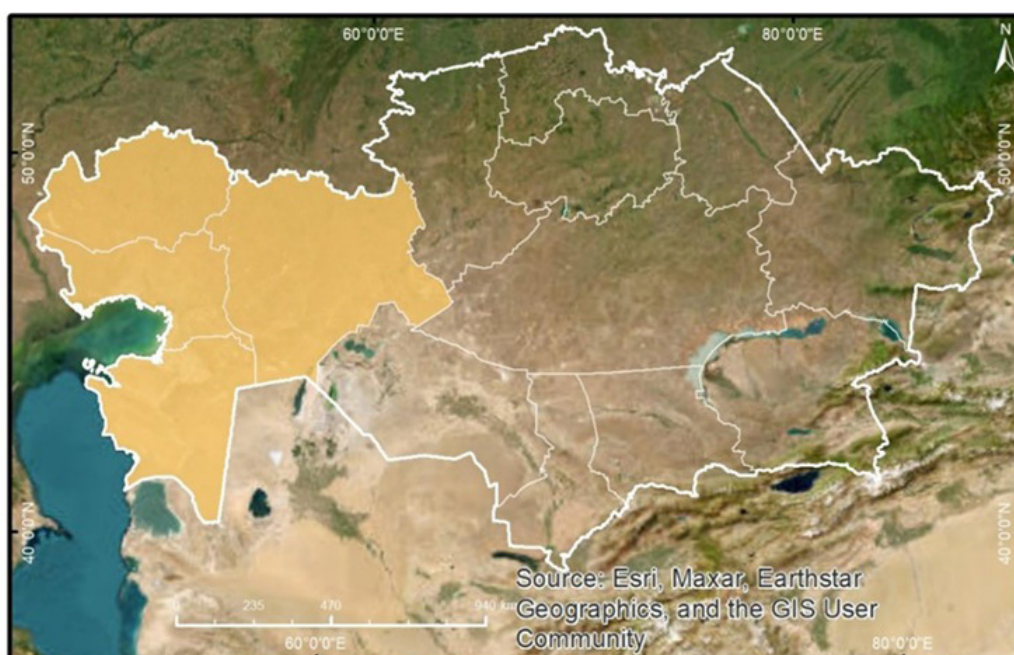


Рисунок 1 – Исследуемый район

Хорошо развиты все отрасли сельского хозяйства в Актюбинской и Западно-Казахстанской областях. Природные условия Мангистауской и Атырауской областей существенно ограничивают развитие сельского хозяйства, в особенности растениеводства.

Значительная освоенность в промышленном и сельскохозяйственном отношении исследуемой территории ведет к усилению антропогенной нагрузки на естественные ландшафты. Динамичные изменения климата и усиление антропогенного воздействия на природные комплексы региона должно привести к каким-либо изменениям всех ландшафтообразующих компонентов без исключения. Степень измене-

ния под воздействием изменения климата будет различной, в силу различной устойчивости компонентов. В частности, литогенный компонент и масштабные геоморфологические процессы практически мало изменятся за промежуток времени динамичных изменений климата, примерно последние 60 лет. Почвенный покров без учета антропогенного воздействия, также мало изменится. Необходимо учесть, что воздействие изменения климата на естественные ландшафты будут медленнее, так как, продолжительность и флуктуация климатических показателей ведут к малозаметным изменениям. Самый динамичный фактор ландшафта – растительный покров, успевает за моменты флук-

туации атмосферных осадков и температурного режима восстановиться.

Антропогенный фактор меняет весь облик ландшафта за кратчайший период – часы, день, месяц, год, несколько лет, т.е. необходимо уяснить, что эти две причины изменения ландшафта воздействуют с различной скоростью. Отсутствие систематических инструментальных наблюдений в доиндустриальный период (более точнее до второй половины XX века) усложняет определение отправной точки состояния физико-географических условий как общем в географической оболочке, так и в частности на территории Западного Казахстана.

Для выяснения физико-географической ситуации на исследуемой территории были проанализированы гипсометрические профили полученные с помощью Google Earth Pro, климатические показатели на основе данных «Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Scientific data, 7(1), 109» и «Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана» (Harris I. et.al., 2020, Ежегодный бюллетень), использованы полевые данные (визуальные обследования физико-географических условий на точках наблюдения, наземные и воздушные (дрон) фотографии) за период 2023-2024 годы. За период работы были исследованы 67 ключевых точек, которые были выбраны с учетом зональных особенностей природных комплексов.

Последствия катастрофических природных явлений, проявляющиеся на территории проживания населения, разработок полезных ископаемых, дорожной и другой инфраструктуры часто являются затратными, требующие больших финансовых расходов в кратчайший период. Поэтому исследования проблем влияния природных явлений, образующие вследствие динамичных климатических процессов, на литогенную основу природного комплекса становятся необходимостью, так как, увеличение годовой амплитуды температуры приземного слоя атмосферного воздуха, перепады показателя среднегодового количества атмосферных осадков ведет к активному развитию физического выветривания горных пород.

Исходные точки от которого ведется отсчет изменения природных условий Западного Казахстана не имеет четкой основы в виде количественных и качественных показателей физико-географических условий территории

(имеется ввиду вековые изменения). Выявление указанной основы необходимо для определения степени риска климатических изменений на исследуемой территории. Физико-географические условия территории по сути динамичны, на которые влияют большое количество глобальных, региональных и локальных факторов. С этой точки зрения была проведена попытка определения относительной устойчивости и динамики изменения физико-географических условий территории Западного Казахстана.

В целом физико-географические условия достаточно консервативны, и слабо динамичны под влиянием прямых природных изменений, исключая катастрофические явления, если они охватывают тысячи квадратных километров на равнинах и происходят в течение короткого времени (часы, сутки, возможно недели и месяцы). Например, явления паводков – результат обильных осадков в холодный период в условиях Западного Казахстана и быстрого таяния. Влияние данного явления с точки зрения жизнедеятельности человеческого общества катастрофичны – разрушения, ущерб в денежном выражении, приостановка деятельности многих предприятий и организаций на период паводка и т.п. Влияние паводка на почвообразовательные процессы, вегетации растительного покрова, в некоторых случаях для животного мира можно считать положительным, так как обводняется засушливые земли, увеличивается урожайность естественной растительности, приводящая к увеличению популяции животных. Влияние данного паводкового явления на литогенные факторы природного комплекса территории Западного Казахстана, в принципе не значительны в площадном порядке, но значительны локально, в частности усилилась эрозионная деятельность в речных долинах. Большая часть территории представлена слабонаклонной равниной, главным базисом эрозии является Каспийское море для западной большей части региона. Восточная половина – наклонная равнина с базисом эрозии – Тургайская ложбина. Таким образом, паводковые явления имеют ограниченное воздействие, большей частью в долинах рек, временных водотоков.

Анализ литературных источников показывает, что вопросы влияния изменения климатических показателей на физико-географические характеристики территории в условиях равнинного рельефа в пустынной и полупустынных зонах умеренного пояса практически не рассматривались.

Если, во второй половине XX века эти проблемы только возникали, то к концу XX столетия и в XXI веке эти проблемы стали оказывать влияние на хозяйственную деятельность и условия жизни человека. Последующий обзор публикации показывает, что данная проблема достаточно сложная, требующая различных подходов, многолетних наблюдений, использования современных технологий. Один из методов определения изменения литогенной основы в результате изменения климатических показателей, это анализ осадочных слоев, с помощью которых можно определить климатические условия прошедших лет. Как утверждают исследования [Amy T. East, Joel B. Sankey, 2020, Claire Boulter et.al] информация о динамике климатических показателей, их тенденции оказывают значительное влияние на развитие природных комплексов, преобладают работы с кернами, взятыми с горных ледников, морских ледников, керны с ледового покрытия Гренландии и т.п., «в то время как наземным записям средних и низких широт уделялось относительно мало внимания» [Claire Boulter et.al].

Особенность исследуемого региона заключается в том, что поверхность данной территории в геологическом отношении достаточно молодая и современные природные комплексы образовались в течение последних десяти тысяч лет, т.е. в голоценовую эпоху [Гельфан, А. и др., 2024]. Другими словами, в период последней хвалынской максимальной трансгрессии (ранний голоцен – ~11 700-8000 лет назад) акватория Каспийского моря занимала всю Прикаспийскую низменность и меньшую территорию на юге. Общий базис эрозии был намного выше, чем современный, аллювиальные отложения накапливались далеко от современной береговой линии. Во влажные периоды эрозионная деятельность на Южном Урале, Мугалжарах и Общем Сырте была более активной, шло интенсивное накопление осадков на предгорных равнинах, которые располагались недалеко. Уровень моря на тот период был выше современного на 5-10 метров (Варущенко С. И. и др., 1987; Рычагов Г. И., 1998; Kroonenberg S.B, et.al, 2012).

Длительность и постепенность понижения уровня Каспийского моря давала возможность эрозионному материалу с западного склона Южного Урала, Мугалжар и Общего Сырта скапливаться на прибрежных равнинах равномерно, что привело к унаследованным формам рельефа

(плоского дна морского бассейна) в форме плоских равнин.

Постепенные изменения климатических показателей не могут изменять ландшафт в кратковременный период, для этого необходимо либо резкие климатические изменения, либо изменения, связанные с катастрофическими явлениями. Как отмечается в работе (Tooth S., 2007) «... реакция ландшафта на климатическое воздействие нелинейна и подвержена многочисленным обратным связям между различными переменными», что говорит о многокомпонентности ландшафта и степень реакции каждого компонента. Согласно (Michael F. Thomas., 2007) ландшафты начинают меняться вследствие изменения геоморфологического компонента, точнее изменения литогенной основы ландшафта, но для этого требуется изменения окружающей среды в течение тысячелетий. Возможны воздействия «краткосрочных импульсов энергии», т.е. какие-либо резкие изменения. Изменения ландшафтов в краткосрочном периоде несколько десятилетий могут наблюдаться в долинах и поймах рек, возможны на конусах выноса временных водотоков. Необходимо отметить, что некоторые компоненты ландшафты могут резко меняться, в частности растительный покров, но особенность растений восстанавливаться при отсутствии на них давления.

Материалы и методы исследований

В основе методологического подхода в представленной работе – сопряженный анализ литературных источников с современным картографическим материалом и спутниковыми снимками, а также анализ трендов изменений среднегодовой температуры воздуха приземного слоя и среднегодового количества атмосферных осадков. Использовались полевые материалы летних экспедиционных работ 2023 и 2024 годов по теме BR 21882122 «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии». Статистический метод заключается в анализе данных метеорологических станций, расположенных на территории Западного Казахстана. Для отбора русскоязычных литературных источников использовались библиотечные фонды Национальной библиотеки Республики Казахстан и библиотеки Казахского национального универ-

ситета имени аль-Фараби, фондовые материалы «Центра космических технологий и дистанционного зондирования Земли КазНУ имени аль-Фараби», а также других организаций. Поиск англоязычной литературы основывался на поисковых системах и платформах Google Scholar, Web of Science, Research Gate, Science Direct. И использованные картографические материалы: тематические карты Национального атласа Республики Казахстана, обзорно-топографические карты Актюбинской, Атырауской, Западно-Казахстанской и Мангистауской областей Республики Казахстана, масштаба 1:1000000, а также топографические карты масштабов 1:500 000 и 1:200 000 на указанные территории.

Результаты исследования

Обзор литературы посвященной тектоники, геологии и геоморфологии региона охватывает порядка более тысячи источников, из которых необходимо отметить сводные монографии, в частности работу «Геология СССР. Том 21. Западный Казахстан. Часть 1. Геологическое описание» большого авторского коллектива, «Геоморфология Казахстана и Средней Азии» З.А. Сваричевской, «Геология Казахстана» А.А. Абдулина и многих других. В данных работах приведен большой фактический материал, освеща-

ющие вопросы, связанные с литогенной основой региона.

Геолого-геоморфологические условия развития природных комплексов. Согласно (Сваричевская З. А., 1965; Абдуллин А. А., 1981; Природные условия и естественные ресурсы СССР, 1969) территория Западного Казахстана представлена тремя тектоническими структурами: Прикаспийская синеклиза, складчатая область Южного Урала и Мугалжар, Туранская плита. Каждая из этих структур имеет свои особенности развития и современного состояния. Складчатая область Южного Урала и Мугалжар характеризуется как денудационная область, и имеет траекторию смыва горных пород радиально на запад, юг и восток. По южной периферии региона неотектонические процессы привели к поднятию Мангистауских гор (Каратау и Актау), плато Устюрт, которые являются денудационными областями. Поверхность данных областей перекрыта маломощным осадочным слоем, на Южном Урале на поверхность выходят интрузивы каледон-герцинской эпохи, на Мугалжарах – докембрийские породы. Западнее, или на западном склоне Южного Урала близко к поверхности и местами на поверхность выходят меловые отложения (рисунки 2,3). На Мангышлаке в Каратау и Актау имеются выходы меловых и юрских отложений мезозоя.



Рисунок 2 – Точка Рw-22. Выходы меловых пород на поверхность.
Хобдинский район Актюбинской области, среднее течение реки Киил,
координаты: 50°08'37» с.ш. – 54°37'12» в.д., высота над уровнем моря Н = 139 м



Рисунок 3 – Выходы меловых пород на поверхность, Сай-Отес, Мангистауский район Мангистауской области, координаты: 44°05'57» с.ш. – 53°10'52» в.д., высота над уровнем моря Н = 82 м

Прикаспийская синеклиза и Туранская плита имеют мощный осадочных чехол, так, например, глубина залегания фундамента в северной части Прикаспийской низменности достигает 20 км, на юге на Мангистауском плато и плато Устюрт глубина залегания фундамента в пределах 4-8 км.

Значительную роль в развитии поверхности западной части территории Западного Казахстана трансгрессии и регрессии Каспийского моря, особенно за четвертичный период. По данному вопросу опубликовано значительное количество работ (Природные условия и естественные ресурсы СССР, 1969; Варущенко и др., 1987; Гельфан и др., 2024). Плиоцен-четвертичные моря охватывали практически всю рассматриваемую территорию, за исключением, восточной и южной горной части. Длительные процессы трансгрессий привели к накоплению морских осадков на современной суше Западного Казахстана, в результате этих процессов четвертичные отложения были сильно засолены, что сказывается на развитии современных природных комплексов. Группой ученых из Института водных проблем РАН, Института Географии РАН, Института физики атмосферы РАН, МГУ имени М. В. Ломоносова и Института океанологии РАН были проведены работы по определению причин и площади хвалынских трансгрессии Каспийского моря (рисунок 4).

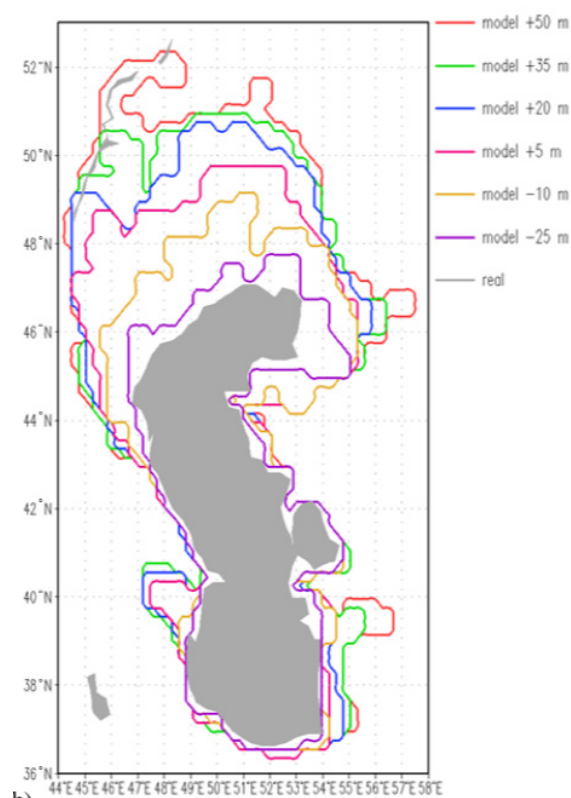


Рисунок 4 – Площадь трансгрессии Каспийского моря по [Гельфан А., др., 2024], модельное представление береговой линии Каспийского моря, в которой современная водная поверхность обозначена серым цветом, а контурные линии отображают абсолютные высоты рельефа, нанесённые с учётом широтной протяжённости региона

На рисунке показана область распространения акватории Каспийского моря в постледниковый период, 17-13 тысяч лет назад. Область развития морских акватории неоген-четвертичных морских бассейнов подтверждает засоленные отложения в верхних горизонтах Прикаспийской низменности, осушенной части территории Мангистауской области.

Гидрографическая сеть Прикаспийской низменности характеризуется редкостью и представлена дельтовыми частями рек Большой и Малый Узень, а также восточнее проходит река

Кушум, правый рукав реки Жайык. Особенность этих речных систем – равнинность территории, зарегулированность стока, что приводит к минимальному стоку в среднегодовом значении. В многоводные и снежные годы речной сток значительно увеличивается.

Восточная часть, западнее Южного Урала и Мугалжар, как показывает гипсометрический профиль от предгорных равнин восточных склонов Мугалжар до Каспийского моря, примерно по долине реки Жем (Эмба), более расчленен, чем предыдущий (рисунк 8).



Рисунок 8 – Гипсометрический профиль точка наблюдения н/п Калыбай (восточнее Мугалжар) – город Кульсары – урез воды Каспийского моря. Абс. высоты от 580 м до -29 м, максимальный уклон – 3,8%, средний уклон – 0,1% (по Google Earth Pro)

Горная часть представлена низкого-ръем, цокольными и пластовыми равнинами, которые примыкают к осевой части хребта. В тектоническом отношении Южный Урал и Мугалжары не активны и основной причиной денудационных процессов являются атмосферные осадки, которых для динамичных изменений форм рельефа и слагающих их горных пород не достаточно. Гидрографическая сеть в этой части региона более густая, реки Кобда, Елек, Ор, Жем (Эмба), Ойыл (Уил), Ыргыз и другие, имеющее начало на Южном Урале и Мугалжарах имеют большую частью снеговое питание, поэтому эрозионная деятельность в горной части проходит в весенний период, в летний период эти реки мелеют, к тому же сток зарегулирован. На предгорных наклонных равнинах преобладают денудационно-аккумулятивные и аккумулятивные процессы. Данное представление подтверждают

полевые наблюдения, например, визуальное и фотоописание контрольных точек Рw 22 (расположенного недалеко от моста через реку Киил на территории Хобдинского района Актюбинской области) и Рw 32 (расположенного на правом берегу реки Деркул западнее города Уральск Западно-Казахстанской области).

Точка Рw 22 обследования расположена на пластовой возвышенной равнине в сухостепной зоне, сложена глинами, песками, песчаниками, галечниками верхнего мела, палеогена и неогена. Участок точки, один из самых мало подверженных прямому антропогенному вмешательству, за исключением не густой сети грунтовых дорог. На рисунках 9, 10, 11, 12, 13 представлены естественные геоморфологические процессы – меандрирование реки с образованием пойм различных форм и площади, эрозионные процессы в форме образования оврагов на месте временных водотоков.



Рисунок 9 – Точка Рw 22. Естественные формы рельефа в долине реки Киил
Координаты: 50°08'37» с.ш. – 54°37'12» в.д., Н = 139 м



Рисунок 10 – Точка Рw 22. Эрозионные процессы в долине реки Киил
(овраг, образованный талыми и дождевыми водами на правом берегу реки).
Координаты: 50°08'37» с.ш. – 54°37'12» в.д., Н = 139 м

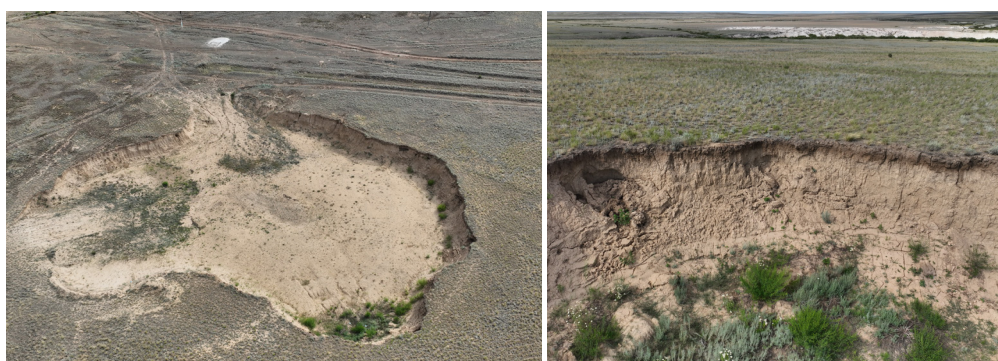


Рисунок 11 – Точка Рw 22. Антропогенная форма рельефа – карьер глинистый.
Координаты: 50°08'37» с.ш. – 54°37'12» в.д., Н = 139 м



Рисунок 12 – Точка Рw 32. Эрозионные процессы в долине реки Деркул – подмыв правого берега, процессы оврагообразования на правобережье, территория участка точки относится к заброшенной пашне.
Координаты: 51°16'32» с.ш. – 51°08'49» в.д., Н = 33 м



Рисунок 13 – Точка Pw 32. (по Google Earth Pro).
Эрозионные процессы в долине реки Деркул. Координаты
точки: 51°16'32» с.ш. – 51°08'49» в.д., Н = 33 м

Точка Pw 32 расположена на низменной делювиально-пролювиальной равнине сухостепной зоны и сложена в основном глинами, суглинками, супесями со щебнем. Физико-географические исследования на данной точке характеризуется также естественными геоморфологическими процессами.

В обоих случаях ярко выраженного влияния динамических климатических изменений не обнаруживается. Обе территории по данным (Harris I. et.al., 2020) характеризуются примерно одинаковым среднегодовым количеством атмосферных

осадков, для точки Pw 22 – 300 мм и для точки Pw 32 – 350 мм и повышением среднегодовой температуры примерно на 2°C за последние 60 лет. Амплитуды среднегодовых температур воздуха приземного слоя воздуха самых холодных и самых теплых лет согласно (Harris I. et.al., 2020) мало изменился за период XX и XXI веков, тренд выпадения осадков также резких колебаний не имеет. Другими словами, динамические изменения климата не оказывают значительного воздействия на литогенные компоненты природных комплексов в северной сухостепной части Западного Казахстана.

Профиль показывает нижней части бассейна Эмбы, представлена наклонной слабоволнистой, почти плоской равниной. Равнинная часть этого района исследования является дельтовыми участками рек Жем (Эмбы) и Сагыз. На данном участке преобладают аккумулятивные процессы.

Но, еще один фактор, связанный с климатическими изменениями, увеличение паводковых явлений в результате резкого увеличения температуры воздуха в весенний период, который приводит резкому таянию снежного покрова. Данные явления играют значительную роль в развитии литогенного фактора природных комплексов. Так, например, паводковые явления весны 2024 года покрыли водой достаточно большую площадь (рисунок 14).

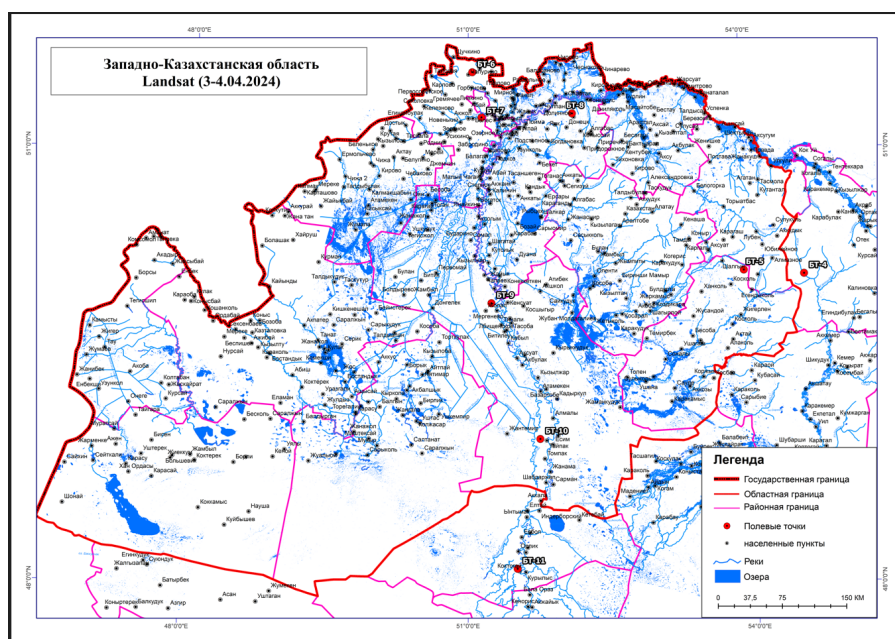


Рисунок 14 – Оперативная карта-схема паводковой ситуации на весну 2024 г.
(составлена сотрудниками Центра ДЗЗ при КазНУ имени аль-Фараби
на основе обработки космических снимков Landsat)

По данной оперативной карта-схеме видно, что на территории Западно-Казахстанской области тальми водами заполнены поймы, все понижения, сухие русла. Понятно, что паводок провел значительную эрозионную работу,

но это больше всего касается долин рек и сухих русел. Остальная подтопленная территория была сильно обводнена, местами вода в понижениях сохранилась вплоть до конца лета (рисунки 15,16).



Рисунок 15 – Точка Рw 47. Последствия паводка 2024 года, правая протока реки Жайык, северная окраина песчаного массива Нарын, ≈ 25 км к западу от основного русла реки Жайык. Дата съемки: 20 июня 2024 г., координаты: $48^{\circ}10'06''$ с.ш. – $51^{\circ}14'01''$ в.д., Н = -14 м



Рисунок 16 – Точка Рw 55. Дельта реки Эмба, слева дата съемки 21.08.2023 г. и справа дата съемки 22.06.2024 г. Координаты: $46^{\circ}53'20''$ с.ш. – $53^{\circ}49'04''$ в.д., Н = -12 м

Таким образом, результаты полевых исследований 2023-2024 годов указывает на стабильность литогенной основы природных комплексов. Редкие динамичные природные явления причиной которой являются изменения климатических показателей не меняют ландшафты коренным образом, не меняют литогенную основу. Территория Западного Казахстана представлена как горным, так и равнинным рельефом. В обоих случаях, учитывая, что общий базис эрозии является Каспийское море, динамичные геоморфологические процессы на всей площади будут стабильно-динамичными, кратковременные динамичные процессы будут сменяться медленными процессами, растянутыми на десятилетия.

Климатические условия развития природных комплексов. Глобальное потепление температуры воздуха отчетливо заметно при сравнении климатических данных, представленных в Национальном атласе Республики Казахстан и по версии 4 ежемесячного многомерного набора климатических данных CPU TS с высоким разрешением по сетке, с использованием Google Earth Pro, а также ежегодно выпускаемый бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана (Harris I. et.al., 2020; Ежегодный бюллетень; Обзор об особенностях климата на территории Казахстана, 2023).

Для развития и динамики почвенно-растительного покрова и всего природного ком-

плекса важную роль играет снежный покров, который предохраняет почвы от промерзаний, пополняет запасы подземных вод. Устойчивый снежный покров на севере по средним многолетним данным образуется 30 ноября и держится до 140 дней. Средняя мощность снежного покрова 20-30 см. Запасы воды составляют от 40 мм до 80 мм на Уральских горах и Мугалжарах (Национальный Атлас Республики Казахстан, 2010).

В южной части сроки установления устойчивого снежного покрова приходится на декабрь, в южной половине Мангистауской области примерно на 24 декабря и имеет не сплошной характер. Снежный покров держится примерно 60 дней, мощность достигает менее 10 см.

Атмосферная засуха (относительная влажность в течение дня менее 30%) естественная для пустынных и полупустынных районов играет важную роль в период вегетации естественной растительности и сельскохозяйственных культур. Данное явление наблюдается в период апрель-октябрь и по средним многолетним данным на севере продолжается в течение 80-90 дней и увеличивается к югу, на юге Мангистауской области длительность достигает 150 дней.

Таким образом, анализ вышеуказанных данных определяет тенденцию к повышению температуры приземного слоя воздуха. С точки зрения развития растительного компонента природного комплекса, повышение температуры положительно влияет на длительность вегетации, с другой стороны повышение температуры летного

сезона ведет негативно влияет на развитие биогенного фактора природного комплекса.

Количество и режим атмосферных осадков играют ключевую роль в динамике и развитии природных комплексов (ландшафтов). Как отмечалось выше среднегодовое количество атмосферных осадков зонально уменьшается с севера на юг, от степной зоны в сторону зоны пустынь с 350-400 мм на крайнем севере региона до 150 мм на крайнем юге. Показатели атмосферных осадков, представленные по Национальному атласу, совпадают с показателями CRU.

Анализ данных CRU с использованием Google Earth Pro, показывает значительные колебания по некоторым точкам наблюдения. Так, например, на точке Pw-14 – степная зона среднегодовое количество осадков до 1960-х годов колебалось в пределах 250-350 мм, далее до 2005 рост и последнее десятилетие происходит стабилизация на уровне 300 мм. На точке Pw-31 также степная зона общая картина как на вышеуказанной точке, только с другими цифровыми показателями, относительно резкие колебания до 1960-х годов в промежутке 400-430 мм, далее стабилизация до 2005 года не с небольшими колебаниями в пределах 420-430 мм, в последнее 20-летие наблюдается уменьшение до 400 мм и его стабилизация. Анализ других точек также показывает данный тренд, другими словами, наблюдается усредненная стабильность в количестве атмосферных осадков в степной зоне, разброс среднегодовых осадков в пределах от 320 мм в сухие и до 500 мм во влажные годы (рисунок 17).

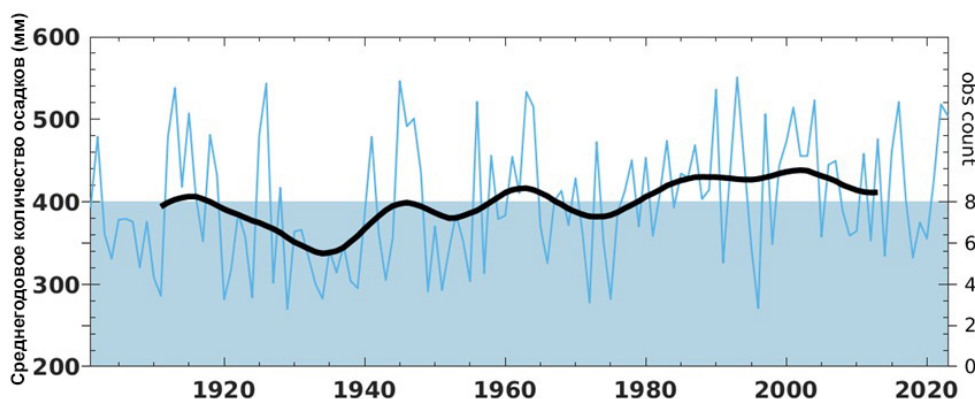


Рисунок 17 – Показатели среднегодового количества атмосферных осадков в районе точки Pw-31, высота 225 м, координаты: 51°35.32 с.ш. – 51°02.73 в.д. (Байтерекский район Западно-Казахстанской области). По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

Динамика показателей среднегодового количества осадков в Северной части пустынь рассматриваемого региона, большая часть которой расположена в северной половине Атырауской области и южной части Актюбинской области, характеризующаяся со среднегодовым количеством атмосферных осадков от 150 до

250 мм, повторяет вышеуказанные утверждения. Динамика колебаний среднегодового количества осадков между средним показателем в 200 мм до 1960-х годов, относительная стабилизация на уровне 200 мм, разброс среднегодовых показателей в пределах 160 – 250 мм (рисунки 18, 19).

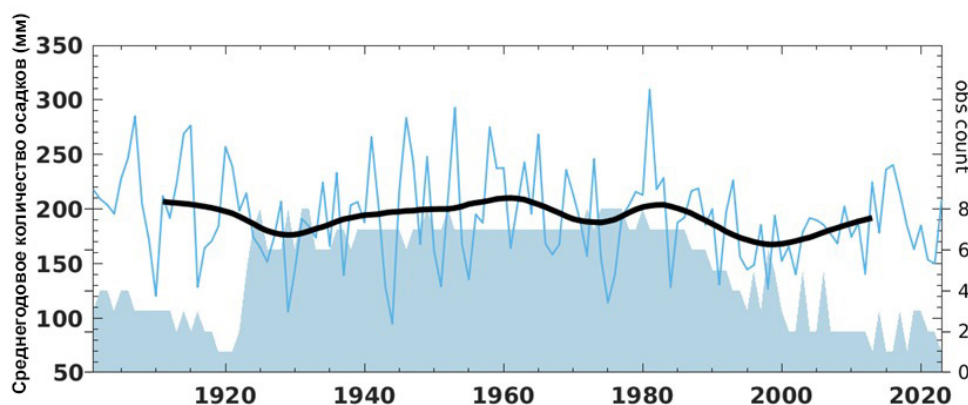


Рисунок 18 – Показатели среднегодового количества атмосферных осадков в районе точки Рw-03, высота 161 м, координаты: 48°30'26.37» с.ш. – 60°57'31.73» в.д. (Иргизский район Актыбинской области). По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

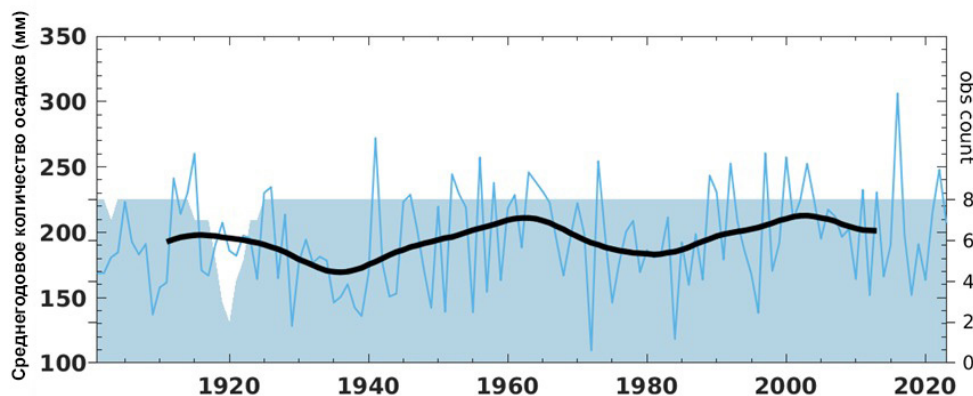


Рисунок 19 – Показатели среднегодового количества атмосферных осадков в районе точки Рw-45, высота -8 м, координаты: 48°08'52» с.ш. – 51°30'46» в.д. (Индерский район Атырауской области). По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

Экстремальные, с точки зрения количества осадков, территория южной части региона характеризуется размеренным разбросом среднегодовых осадков в пределах 150-160 мм до 1960-х годов на точке Рw-60 (в 12 км от Каспийского моря), в пределах 130-150 мм на точке Рw-52 и стабильное уменьшение от 115 до 100 и менее мм на точке Рw-58 (Устьюрт). Период

до 1960-х и 1970-х годов среднегодовое количество осадков не сильно колебался. Особенно заметные показатели на точке Рw-58 начались в 1970-е годы, которые характеризовались как годы засух. До конца XX столетия показатели осадков показывали стабильность – год влажный, год засуха, разброс достигал от 60 до 160 мм (рисунок 20).

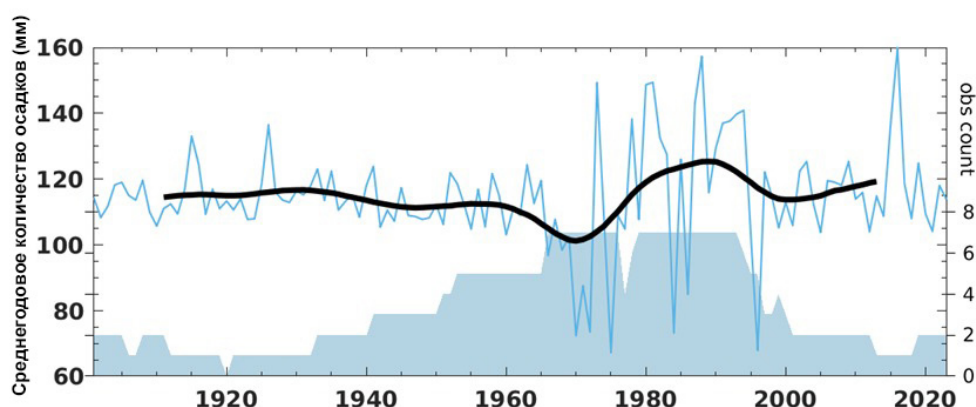


Рисунок 20 – Показатели среднегодового количества атмосферных осадков в районе точки Рw-58, высота 101 м, координаты: 44°53'15» с.ш. – 54°44'46» в.д. (Устюрт, Бейнеуский район Мангистауской области). По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

Период первые 15-17 лет XXI века среднегодовое количество колебалось в пределах 115-120 мм, соответствующие зональным показателям, далее стабилизируется между 105-115 мм. В 2021 году среднегодовое количество осадков составило 70 мм, что привело к сильной засухе, в 2022 – 125 мм, 2023 – 118 мм. Данная флуктуация сгладивала негативное воздействие засухи 2021 на природные комплексы данного участка территории исследования.

Таким образом, повышение среднегодовой температуры воздуха приземного слоя на динамику и развитие природных комплексов исследуемой территории не оказало существенного влияния на долгосрочном периоде. Главной причиной данной ситуации нами видится сохранения мало изменяющегося тренда среднегодовых показателей атмосферных осадков. Периодичность засух и влажных годов уравнивают негативное и позитивное влияние климата на основные компоненты природного комплекса, в том числе на литогенную основу.

Поверхностные воды и их влияние на развитие природных комплексов. Территория Западного Казахстана не богата поверхностными водами, вследствие удаленности от крупных морских акваторий и континентальности климата. Южная половина исследуемого региона не имеет поверхностного стока, на склонах Каратау и Актау, а также на некоторых чинках присутствуют сухие русла, связанные с весенним таянием снега и выпадением редких дождей.

Большая часть речного стока наблюдается на северной половине региона. Самая большая речная система – река Жайык. Другие речные

системы, например, Илек, Хобда, Уил, Киил, Эмба, Ор, Иргиз и Тургай характеризуются непостоянством стока, во влажные годы реки полноводны, наблюдаются половодья. Вследствие сухости климата большинство рек имеют низкий расход воды (таблица 1).

Таблица 1 – Составлено по данным [18]

Название реки	Площадь бассейна реки на территории РК, тысяч км ²	Средний многолетний расход, м ³ /сек
Жайык	75,5	355
Ойыл	31,5	5,6 – 11,9
Жем	40,4	17,5
Ыргыз	31,6	7,5

Таким образом, поверхностные воды значительно влияют на компоненты природного комплекса в основном в северной половине региона, но это воздействие ограничивается речными долинами и сухими руслами, так, как большая часть территории представлена возвышенными цокольными, пластовыми равнинами (рисунки 9-13). В сильно влажные годы, как отмечалось выше паводковые воды могут привести к катастрофическим последствиям, но не всегда влияют негативно на естественные природные комплексы.

Почвенный компонент развития природных комплексов. Почвообразовательные процессы на территории региона подчиняются зональным закономерностям. Северная степная часть территории региона относится к подзоне

южных малогумусных черноземов, имеет место распространения типичных, карбонатных, солонцеватых и карбонатно-солонцеватых разновидностей. Далее на юг темно-каштановые почвы сменяются светло-каштановыми. Все они солонцеваты, залегают в комплексе с солонцами.

В северной части пустынной зоны под ерково-белопопынной растительностью развиты бурые почвы, в южной пустыне (плато Устюрт) – серо-бурые почвы. Серо-бурые почвы сейчас используются как малопродуктивные пастбища для развития овцеводства и верблюдоводства.

В долинах рек распространены луговые почвы, которые являются ценными кормовыми угодьями.

На территории исследуемого региона значительную территорию занимают солончаки и соры. Сорная зона протягивается с севера примерно с параллели озера Индербор на юг огибая Каспийское море доходит до Каратау и Актау Мангистауской области. В ширину достигает до южной оконечности Мугалжар, в южной части практически все впадины заняты сорами (рисунок 21).

Значительная часть территории региона, занята песчаными массивами. Большая часть из них приходится на закрепленные пески, только в районе массового выпаса домашнего скота имеются незакрепленные подвижные песчаные участки (рисунок 22).



Рисунок 21 – Сор. В 40 км юго-западнее города Кульсары. Жылыойынский район Атырауской области. Координаты: 46°41'41» с.ш. – 53°38'1310» в.д. Высота над уровнем моря Н = – 12 м



Рисунок 22 – Закрепленные и незакрепленные пески. Исатайский район Атырауской области. Координаты: 46°43'17» с.ш. – 50°03'38» в.д. Высота над уровнем моря Н = – 25 м

Изменения почвенного покрова и почвообразующих процессов в результате антропогенного воздействия имеет широкое распространение, но результаты полевых наблюдений указывают на то, что процессы почвенной деградации и эрозии, распространение дефляционных процессов, полного уничтожения растительного покрова и т.п. не наблюдаются повсеместно.

Растительный покров и развитие природных комплексов. Растительный покров ис-

следуемого региона зонально сменяется с севера на юг, от степных и сухостепных разнотравно-ковыльных представителей до псаммофитно-кустарниковых на песчаных массивах и галофитных представителей на солончаках. Северная окраина практически вся распаханна, и естественная растительность сохраняется по малоприспособленным для распашки участкам или восстанавливается при оставлении посевной площади под паром (рисунки 23,24).



Рисунок 23 – Точка Рw 33. Посевные угодья сухостепной зоны, Байтерекский район Западно-Казахстанской области, координаты: 51°22'17» с.ш. – 50°43'44» в.д., Н = 141 м



Рисунок 24 – Точка Рw 07. Участок посевных площадей, оставленный под паром, сухостепная зона, Айтекебийский район Актюбинской области, координаты: 50°34'53.13» с.ш. – 60°10'36.20» в.д., Н = 311 м

Анализ ландшафтной карты показывает, что переход от сухостепной зоны на территории Западного Казахстана не ровный и постепенный, сухостепные ландшафты вклиниваются в зону полупустынь и наоборот.

Южнее начинается полоса полупустынь, которая характеризуется доминированием различных видов полыни и злаковых. Полупустынные ландшафты используются под естественные пастбища в теплый период года (рисунок 26).



Рисунок 26 – Полупустыни. Состояние растительного покрова на 16 августа 2023 года слева и 7 июля 2024 года справа. Иргизский район Актюбинской области, в 25 км запад-юго-запад от населенного пункта Иргиз. Координаты: 48°30'26.37» с.ш. – 60°57'31.73» в.д., высота над уровнем моря Н = 161 м

Результаты обработки и анализа космоснимков о состоянии растительного покрова территории Западного Казахстана характеризует показатели NDVI – числовой показатель качества и количества растительности на поверхности земли. Вегетативное состояние растительного покрова можно определить по отражению и поглощению световых волн различной длины, формула NDVI представлена в следующем виде:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Чтобы выявить состояние растительного покрова необходимо вычислить отношение между разностью интенсивностей отраженного света в красном (RED) и инфракрасном диапазоне (NIR) и их суммой. Значения индекса NDVI в интервале от -1 – +1, от -1 до 0 в основном неживая природа, для растительного покрова значения NDVI от 0 до +1. (Тукер, Р. Р., и Холл, К. Л. 1979). NDVI – Нормализованный относительный индекс растительности, разработанный для оценки плотности и состояния растительности с использованием спутниковых данных. NASA Goddard Space Flight Center. Для нашей работы рассчитаны индексы NDVI по трем сезонам – весна, лето и осень, даты выбраны для снимков одинаковые (рисунок 27).

Показатели NDVI по указанным срокам показывают значительную динамичность растительного покрова как в течение года по сезонам, и относительно слабую динамичность в течение длительного времени – 14-летний период, между 2000 и 2014 годами, 10-летний период, между 2014 и 2023 годами и сравнение 2023 и 2024 годов.

Сравнительный анализ показателей NDVI за один вегетационный период – весна-лето-осень указывает на естественный ход развития растительного покрова характерный флоры сухих степей, полупустынь и пустынь, максимально для весеннего сезона и постепенное уменьшение в летний и осенний сезоны. С учетом показателей термического режима, количества и режима атмосферных осадков (таблицы 2,3,4), динамика растительного покрова соответствовала количеству осадков. В 2000 году среднегодовое количество атмосферных осадков на точках наблюдения Pw – 14, Pw – 29, Pw – 38, Pw – 45, Pw – 52, соответствующие зонам сухих степей, полупустынь и северной части пустынной зоны, значительно превышало среднегодовой тренд изменения количества осадков. На снимках, территории на которых расположены данные точки определяются, как высоким и местами с очень высоким показателем NDVI.

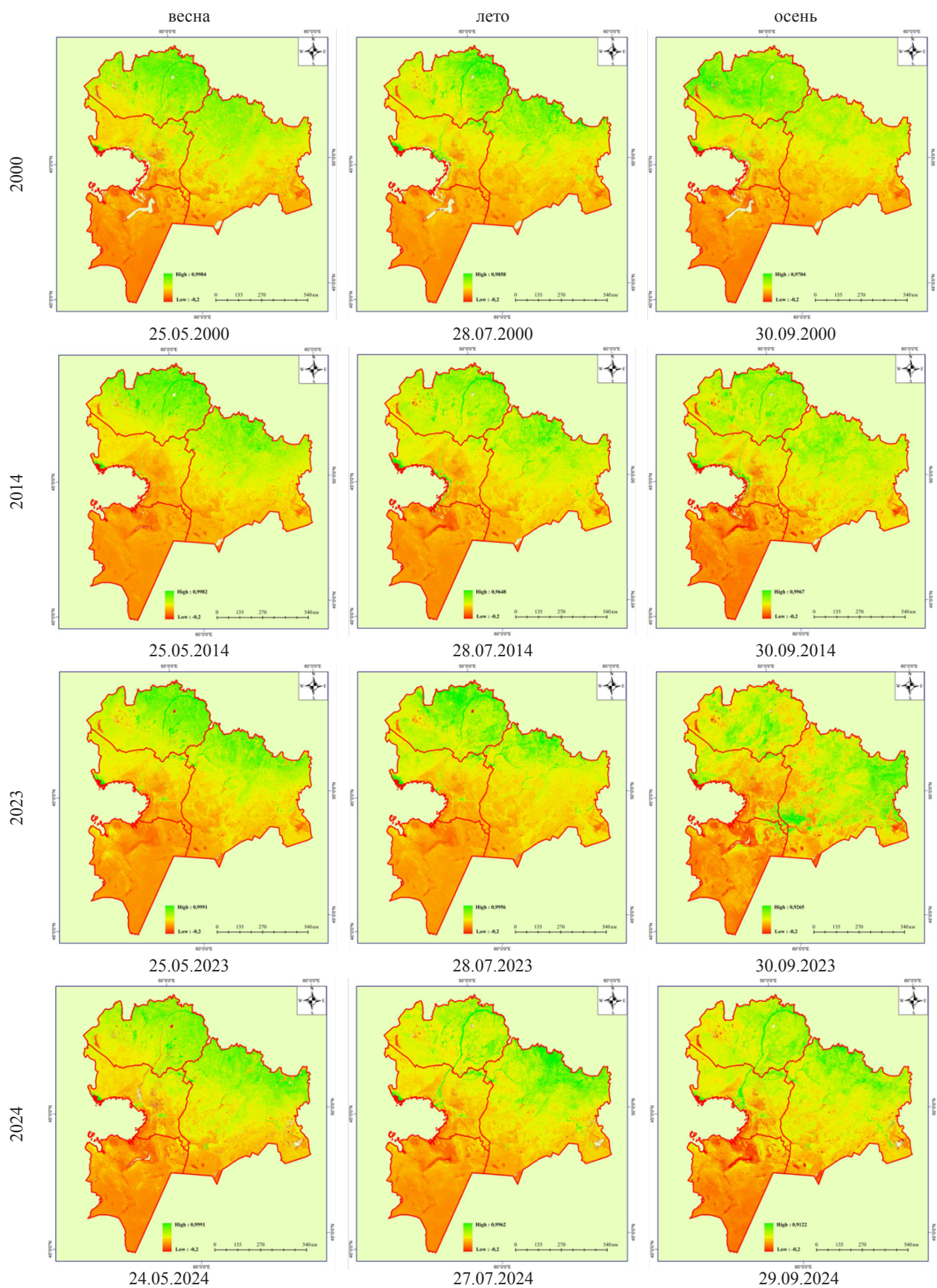


Рисунок 27 – Показатели NDVI территории Западного Казахстана за 2000, 2014, 2023 и 2024 гг.

Таблица 2 – Показатели термического режима и атмосферных осадков на территории Западного Казахстана по точкам наблюдений за 2000 год. По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

№ ключевой точки	Термический режим, °С			Атмосферные осадки, мм			
	Минимальная среднемесячная (январь)	Максимальная среднемесячная (июль)	Среднегодовая температура	Зимне-весенний сезон (январь-май)	Летний сезон (июнь-август)	Осенний сезон (сентябрь-октябрь)	год
Pw-3. Коорд: 48°30' с.ш. – 60°57' в.д.; Н = 161 м.	-9.6	25.6	7.1	49.4	56.4	46.5	152.3
Pw 14. Координаты: 50°18' с.ш. – 57°40' в.д.; Н = 246 м.	-9.5	22.9	5.8	170.5	161.0	115.7	447.2
Pw 29. Координаты: 51°17' с.ш. – 52°18' в.д.; Н = 63 м.	-8.1	23.9	7.0	142.7	133.2	137.1	413.0
Pw 38. Координаты: 49°59' с.ш. – 51°11' в.д.; Н = 7 м.	-6.7	25.1	8.3	104.8	86.4	96.9	288.1
Pw 45. Координаты: 48°08' с.ш. – 51°30' в.д.; Н = – 8 м.	-5.2	26.9	9.9	84.6	79.9	92.8	257.3
Pw 52. Координаты: 46°59' с.ш. – 54°10' в.д.; Н = – 2 м.	-1.1	28.0	11.2	77.7	61.9	61.8	201.4
Pw 58. Координаты: 44°53' с.ш. – 54°44' в.д.; Н = 101 м.	-2.7	28.5	11.8	49.5	26.0	37.4	112.9
Pw 60. Координаты: 44°25' с.ш. – 50°23' в.д.; Н = 69 м.	2.7	26.7	13.2	33.8	24.5	46.1	104.4

Таблица 3 – Показатели термического режима и атмосферных осадков на территории Западного Казахстана по точкам наблюдений за 2014 год. По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

№ ключевой точки	Термический режим, °С			Атмосферные осадки, мм			
	Минимальная среднемесячная (февраль)	Максимальная среднемесячная (август)	Среднегодовая температура	Зимне-весенний сезон (январь-май)	Летний сезон (июнь-август)	Осенний сезон (сентябрь-октябрь)	год
Pw-3. Коорд: 48°30' с.ш. – 60°57' в.д.; Н = 161 м.	-16.7	25.8	6.3	70.4	36.3	71.6	178.3
Pw 14. Координаты: 50°18' с.ш. – 57°40' в.д.; Н = 246 м.	-16.2	23.8	5.0	129.8	85.8	94.1	309.7
Pw 29. Координаты: 51°17' с.ш. – 52°18' в.д.; Н = 63 м.	-14.2	24.6	6.2	131.5	73.9	89.6	295.0
Pw 38. Координаты: 49°59' с.ш. – 51°11' в.д.; Н = 7 м.	-12.9	26.3	7.5	107.6	34.1	66.6	208.3
Pw 45. Координаты: 48°08' с.ш. – 51°30' в.д.; Н = – 8 м.	-10.9	27.7	9.1	80.8	24.0	61.5	166.3
Pw 52. Координаты: 46°59' с.ш. – 54°10' в.д.; Н = – 2 м.	-10.5	28.9	10.0	54.5	32.6	54.5	141.6
Pw 58. Координаты: 44°53' с.ш. – 54°44' в.д.; Н = 101 м.	-8.1	29.0	11.2	53.1	19.0	36.6	108.7
Pw 60. Координаты: 44°25' с.ш. – 50°23' в.д.; Н = 69 м.	-3.0	28.4	12.5	54.7	24.3	70.6	149.6

Таблица 4 – Показатели термического режима и атмосферных осадков на территории Западного Казахстана по точкам наблюдений за 2023 год. По (Harris I. et.al., 2020) с использованием Google Earth Pro

№ ключевой точки	Термический режим, °С			Атмосферные осадки, мм			
	Минимальная среднемесячная (январь)	Максимальная среднемесячная (июль)	Среднегодовая температура	Зимне-весенний сезон (январь- май)	Летний сезон (июнь-август)	Осенний сезон (сентябрь- октябрь)	год
Pw-3. Коорд: 48°30' с.ш. – 60°57' в.д.; Н = 161 м.	-13.5	27.1	8.5	91.0	52.6	73.5	217.1
Pw 14. Координаты: 50°18' с.ш. – 57°40' в.д.; Н = 246 м.	-14.1	24.2	7.2	138.0	101.6	144.8	384.4
Pw 29. Координаты: 51°17' с.ш. – 52°18' в.д.; Н = 63 м.	-12.3	24.1	8.3	143.6	98.6	211.0	453.2
Pw 38. Координаты: 49°59' с.ш. – 51°11' в.д.; Н = 7 м.	-10.8	25.8	9.7	105.5	68.9	121.8	296.2
Pw 45. Координаты: 48°08' с.ш. – 51°30' в.д.; Н = – 8 м.	-8.5	26.7	11.1	81.1	52.9	71.6	205.6
Pw 52. Координаты: 46°59' с.ш. – 54°10' в.д.; Н = – 2 м.	-7.8	28.3	12.3	60.7	35.6	53.2	149.5
Pw 58. Координаты: 44°53' с.ш. – 54°44' в.д.; Н = 101 м.	-5.1	28.6	13.2	54.2	24.8	34.8	113.8
Pw 60. Координаты: 44°25' с.ш. – 50°23' в.д.; Н = 69 м.	-0.2	27.3 (VIII)	14.5	65.4	32.4	63.9	161.7

Таким образом, анализ снимков и климатических показателей указывает на прямую зависимость показателей NDVI от количества атмосферных осадков и их режима. Ниже на рисунке 28 представлены количественные показатели.

Обработка космических снимков представляет нам соотношение площадей по показателям NDVI. Как отмечалось по снимкам южная половина региона характеризуется очень низкими и низкими показателями и это часть занимает около половины территории, так, например, в 2000 году площадь с низкими показателями составляло 33,5 млн гектаров или 46,1% от площади региона, то в 2014 году, в связи относительно резким уменьшением осадков, площадь увеличилась до 39,2 млн гектаров или 53,9%. В 2023 году, при незначительном повышении осадков, возвращается приблизительно в положение 2000 года, площадь занятая очень низким и низким показателями NDVI – 34,3 млн гектаров или 47,1% от всей площади региона.

Площади территории с высоким и очень высоким показателем NDVI характерны для северной половины региона, которая характеризуется более высоким количеством осадков, в 2000 году составляли 24,3 млн гектаров или 33,5% от всей

площади. В 2014, более засушливом году, данная площадь уменьшилась до 16,8 млн гектаров или 23,1%. В 2023 году площадь занятая с высоким и очень высоким показателями увеличилась относительно 2014 года, но не достигла показателя 2000 года, 19,7 млн гектаров или 27,2%.

Интересный момент со средним показателем NDVI по территории, этот показатель в течение всего периода увеличивается от 14,9 млн гектаров (20,5%) в 2000 году, 16,7 млн гектаров (23,0%) до 18,7 млн гектаров (25,7%) в 2023 году.

Для выявления более точного тренда изменения показателей NDVI необходимы дополнительные исследования.

Результаты сравнительного анализа космических снимков и показателей количества атмосферных осадков указывают на относительно значительную динамику показателей NDVI. Данный показатель один из основных характеристик указывающий на динамику растительного покрова, который оказывает значительное влияние на литогенную основу природного комплекса. Изреженность растительного покрова ведет к развитию эрозионных и дефляционных процессов, от которых зависит состояние литогенной основы природных комплексов.

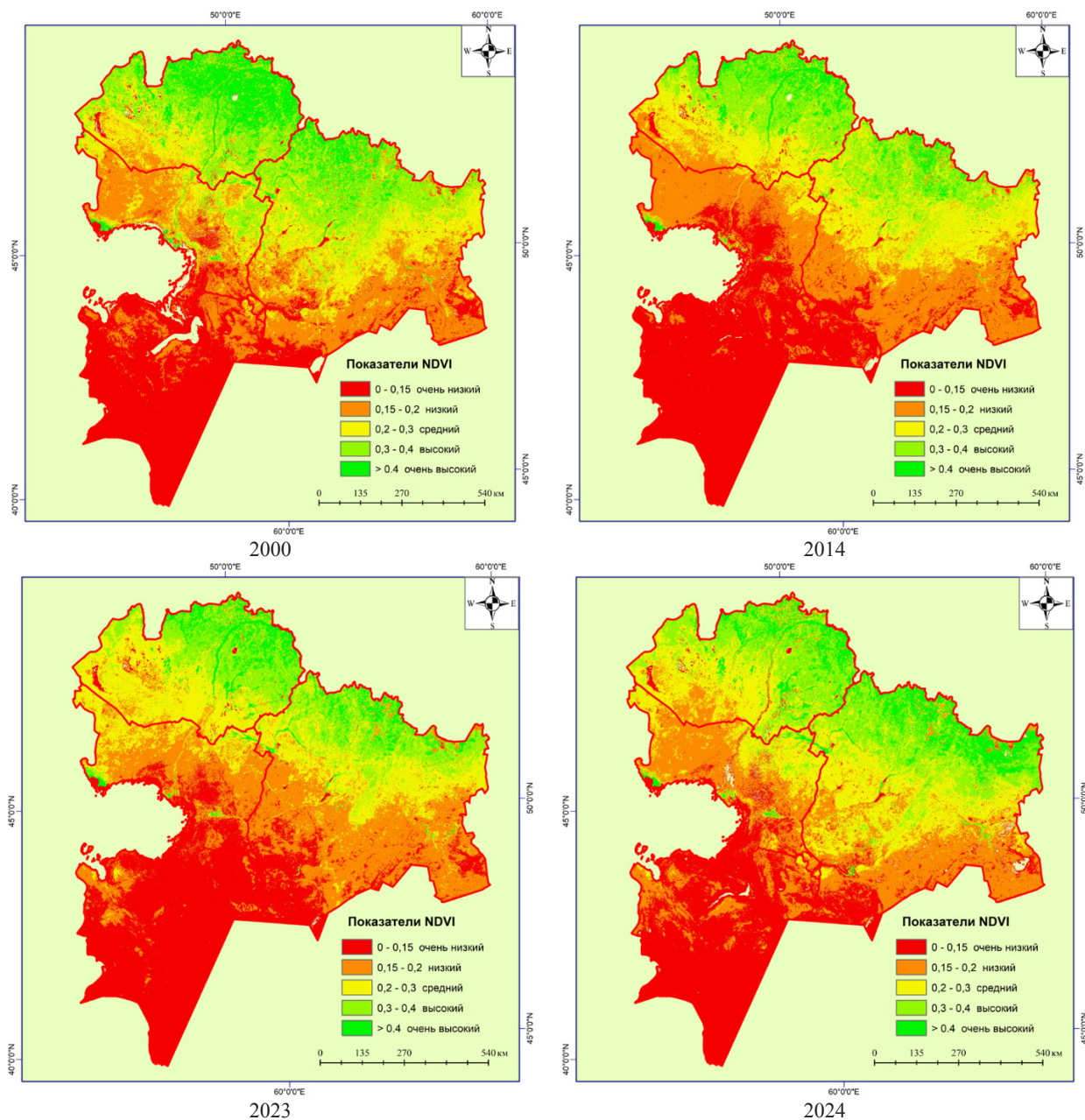


Рисунок 28 – Количественные показатели NDVI территории Западного Казахстана

Таблица 5 – Соответствие показателей NDVI по площадям на территории Западного Казахстана

Показатели NDVI	2000		2014		2024	
	млн га	%	млн га	%	млн га	%
Очень низкий	16,2	22,3	21,1	29,0	16,4	22,5
Низкий	17,3	23,8	18,1	24,9	17,9	24,6
Средний	14,9	20,5	16,7	23,0	18,7	25,7
Высокий	14,8	20,4	10,5	14,4	12,4	17,1
Очень высокий	9,5	13,1	6,3	8,7	7,3	10,1
Итого площади	72,7	100,0	72,7	100,0	72,7	100,0

Заключение

Результаты полевых исследований за период 2023-2024 годы показали консервативность литогенной основы природного комплекса относительно динамичных изменений климатических показателей, в частности повышения температуры приземного слоя воздуха. Анализ климатических показателей указывает на повышение среднегодовых температур приземного слоя воздуха и одновременно с этим относительную стабильность среднегодовых показателей атмосферных осадков. Визуальные наблюдения, наземные и воздушные снимки, указывают на сохранение естественных природных комплексов (ландшафтов). Необходимо учесть, что в работе рассматривались в основном естественные ландшафты, с другой стороны, все естественные ландшафты подвергаются косвенному антропогенному влиянию.

Основные виды антропогенного вмешательства выражается в распашке (в частности, вся степная зона и частично сухостепная подзона Актюбинской и Западно-Казахстанской областей), которая коренным образом меняет природный комплекс и пастбищном животноводстве, степени воздействия которой различны. На территории Западного Казахстана, как отмечалось выше развито влияние промышленности и транспорта, которые выражены в различной форме и степени. Промышленные предприятия загрязняя атмосферный воздух загрязняют почву, что значительно сказывается на растительном покрове. Добыча полезных ископаемых воздействует на естественные ландшафты значительно жестко, в некоторых случаях естественные природные комплексы коренным образом сменяются на искусственные или антропогенные ландшафты. Такая же ситуация с размещением населенных пунктов, которые разрастаясь приводят к коренному изменению ландшафтов.

Еще один вид антропогенного воздействия – транспорт, в частности увеличения сети грунтовых дорог, последствия увеличения транспортных средств у населения. Развитие сети грунтовых дорог особенно на ландшафтах полупустынной и пустынной зон приводят к возникновению очагов дефляционных и эрозионных процессов.

В заключение необходимо отметить, что динамика и развитие природных комплексов не так сильно зависит от повышения температуры воздуха при слабом изменении количества атмосферных осадков в краткосрочном периоде в десятки лет. Но в большой перспективе, при резких колебаниях климатических показателей в совокупности с антропогенным давлением может привести к значительным изменениям. Как отмечалось в работе, ландшафты полупустынь развиваются на север, в сторону сухих степей, а ландшафты пустынь поджигают зону полупустынь.

Как отмечалось в работе, большинство авторов исследующие данные проблемы утверждают об относительной устойчивости литогенной основы природных комплексов, и в целом природного комплекса, а также консервативность изменения динамики и развития естественных природных комплексов, что и подтверждает данная работа. Таким образом, при усилении антропогенного давления на литогенный фактор возможны значительные изменения. С учетом того, что такое давление ограничено по площади, можно утверждать, что по большей части природные комплексы в своем развитии мало изменяться.

Благодарность, конфликт интересов

Настоящее исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR21882122).

Литература

- Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Scientific data, 7(1), 109». (<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/>).
- «Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата казахстана» (Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана – Казгидромет)
- Amy T. East, Joel B. Sankey. Geomorphic and Sedimentary Effect of Modern Climate Change: Current and Anticipated Future Condition in the Western United States. Reviews of Geophysics. Volume 58, Issue 4. December, 2020. <https://doi.org/10.1029/2019RG000692>.
- Claire Boulter, Mark D. Bateman, Charles D. Frederick. Understanding geomorphic responses to environmental change: a 19 000-year case study from semi-arid central Texas, USA. Journal of Quaternary Science. Volume 25, Issue 6. P. 889-902. <https://doi.org/10.1002/jqs.1365>.

- Гельфан, А., Панин, А., Калугин, А., Морозова, П., Семенов, В., Сидорчук, А., Украинцев, В., и Ушаков, К.: Гидроклиматические процессы как основные факторы раннехвалынской трансгрессии Каспийского моря: новые разработки, Гидрол. системы Земли, 28, 241–259, <https://doi.org/10.5194/hess-28-241-2024>, 2024.
- Варущенко С. И., Варущенко А. Н., Клиге Р. К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени. М., Наука, 1987. – 325 с. – <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-izmenenierezhimakaspiyskogomorya.pdf>.
- Рычагов Г. И. История Каспийского моря в голоцене. М., МГУ, 1998.
- Косарев А. Н. Гидрология Каспийского моря. М., Наука, 2005.
- Kroonenberg S. B., Kakroodi A. A., Robert V. Hoogendoorn, Mohammadkhani H. Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast. *Quaternary International*. March 2012, 263 p. 93-103. DOI:10.1016/j.quaint.2011.12.021.
- Tooth S. Arid geomorphology: investigating past, present and future changes. *Progress in Physical Geography*. 31(3). 2007. p. 319-335.
- Michael F. Thomas. Landscape sensitivity to rapid environmental change – a Quaternary perspective with examples from tropical areas. *CATENA* 55, Issue 2, 20 January 2004, p.107-124. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(03\)00111-5](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00111-5).
- Геология СССР. Том 21. Западный Казахстан. Часть 1. Геологическое описание. М., 1970. – 883 с.
- Сварическая З. А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии. Л., ЛГУ. 1965. – 296 с.
- Абдуллин А. А. Геология Казахстана. А., Наука, 1981. – 311 с.
- Природные условия и естественные ресурсы СССР. Казахстан. М., 1969. – стр 38-41.
- Варущенко С. И., Варущенко А. Н., Клиге Р. К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени. М., Наука, 1987. – 235 с.
- Гельфан, А., Панин, А., Калугин, А., Морозова, П., Семенов, В., Сидорчук, А., Украинцев, В., и Ушаков, К.: Гидроклиматические процессы как основные факторы раннехвалынской трансгрессии Каспийского моря: новые разработки, Гидрол. системы Земли. Том 28. 2024. – стр 241–259 и др.
- Национальный Атлас Республики Казахстан. Алматы. 2010.
- Обзор об особенностях климата на территории Казахстана. 2023. Астана, 2024, 7 с.
- Amy T. East, Joel B. Sankey, 2020, Claire Boulter et.al
- Гельфан, А. и др., 2024.

References

- Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., & Lister, D. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data*, 7(1), 109. <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/>
- Annual Bulletin on the Monitoring of Climate Conditions and Changes in Kazakhstan. *Kazhydromet*.
- East, A. T., & Sankey, J. B. (2020). Geomorphic and Sedimentary Effects of Modern Climate Change: Current and Anticipated Future Conditions in the Western United States. *Reviews of Geophysics*, 58(4). <https://doi.org/10.1029/2019RG000692>
- Boulter, C., Bateman, M. D., & Frederick, C. D. (2010). Understanding geomorphic responses to environmental change: a 19,000-year case study from semi-arid central Texas, USA. *Journal of Quaternary Science*, 25(6), 889–902. <https://doi.org/10.1002/jqs.1365>
- Gelfan, A., Panin, A., Kalugin, A., Morozova, P., Semenov, V., Sidorchuk, A., Ukraincev, V., & Ushakov, K. (2024). Hydroclimatic processes as key factors in the Early Khvalyn Transgression of the Caspian Sea: new developments. *Hydrological Earth System Sciences*, 28, 241–259. <https://doi.org/10.5194/hess-28-241-2024>
- Varushchenko, S. I., Varushchenko, A. N., & Klig, R. K. (1987). Changes in the Regime of the Caspian Sea and Endorheic Basins in the Paleoperiod. Moscow: Nauka. 325 p. <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-izmenenierezhimakaspiyskogomorya.pdf>
- Rychagov, G. I. (1998). History of the Caspian Sea in the Holocene. Moscow: Moscow State University.
- Kosarev, A. N. (2005). Hydrology of the Caspian Sea. Moscow: Nauka.
- Kroonenberg, S. B., Kakroodi, A. A., Hoogendoorn, R. V., & Mohammadkhani, H. (2012). Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast. *Quaternary International*, 263, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.12.021>
- Tooth, S. (2007). Arid geomorphology: investigating past, present, and future changes. *Progress in Physical Geography*, 31(3), 319–335.
- Thomas, M. F. (2004). Landscape sensitivity to rapid environmental change – a Quaternary perspective with examples from tropical areas. *CATENA*, 55(2), 107–124. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(03\)00111-5](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00111-5)
- Geology of the USSR. Volume 21: Western Kazakhstan. Part 1: Geological Description. (1970). Moscow. 883 p.
- Svaricheskaya, Z. A. (1965). Geomorphology of Kazakhstan and Central Asia. Leningrad: Leningrad State University. 296 p.
- Abdullin, A. A. (1981). Geology of Kazakhstan. Almaty: Nauka. 311 p.
- Natural Conditions and Resources of the USSR: Kazakhstan. (1969). Moscow. pp. 38–41.
- Varushchenko, S. I., Varushchenko, A. N., & Klig, R. K. (1987). Changes in the Regime of the Caspian Sea and Endorheic Basins in the Paleoperiod. Moscow: Nauka. 235 p.
- Gelfan, A., Panin, A., Kalugin, A., Morozova, P., Semenov, V., Sidorchuk, A., Ukraincev, V., & Ushakov, K. (2024). Hydroclimatic processes as key factors in the Early Khvalyn Transgression of the Caspian Sea: new developments. *Hydrological Earth System Sciences*, Vol. 28, pp. 241–259.
- National Atlas of the Republic of Kazakhstan. (2010). Almaty.
- Review of Climatic Features in Kazakhstan. (2023). Astana, 2024. 7 p.
- Amy T. East, Joel B. Sankey, 2020, Claire Boulter et.al
- Gelfan, A. et al., 2024.

Information about authors:

Tokbergenova Aigul Abdugapparovna – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: tokbergen@mail.ru)

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

Zulpykharov Kanat Bazarbaevich – PhD candidate, Director of the Earth Remote Sensing Center (ERS) of Al-Farabi Kazakh National University. Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com)

Taukebayev Omirzhan Zhalgasbekovich – PhD candidate, Deputy Director General of the Cluster and Engineering of Science-Intensive 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)

Bilalov Bekzat – 1st year doctoral student of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: bilalovbekzat001@gmail.com)

Bagadat Satvaldiev – Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Department of Geography, Land Management and Cadastre (Almaty, Kazakhstan)

Авторлар туралы мәлімет:

Токбергенова Айгул Абдугаппаровна – география ғылымдарының кандидаты, доцент, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ География, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: tokbergen@mail.ru)

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

Зулпыхаров Канат Базарбаевич – PhD candidate, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Жерді қашықтан зондау орталығының (ЖКЗО) директоры (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com)

Таукебаев Омиржан Жалғасбекович – PhD candidate, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Инжиниринг және жоғары технологиялар кластері бас директорының орынбасары, Картография және геоинформатика кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: omirzhan.taukebayev@kaznu.edu.kz)

Біләлов Бекзат – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ І-курс докторанты (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: bilalovbekzat001@gmail.com)

Бағдат Сатвалдиев – оқытушы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, География, жерге орналастыру және кадастр кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Токбергенова Айгул Абдугаппаровна – кандидат географических наук, доцент, заведующая кафедрой географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: tokbergen@mail.ru);

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

Зулпыхаров Канат Базарбаевич – PhD candidate, директор Центра дистанционного зондирования Земли (ЦДЗЗ) КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com);

Таукебаев Омиржан Жалғасбекович – PhD candidate, заместитель генерального директора Кластера и инжиниринга наукоемких технологий КазНУ им. аль-Фараби, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики (Алматы, Казахстан, e-mail: omirzhan.taukebayev@kaznu.edu.kz);

Біләлов Бекзат – докторант І-го курса КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: bilalovbekzat001@gmail.com);

Бағдат Сатвалдиев – преподаватель, КазНУ им. аль-Фараби, кафедра географии, землеустройства и кадастра (Алматы, Казахстан).

Поступила: 30 июня 2025 года

Принята: 27 августа 2025 года