



ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ СИСТЕМА ДЖУНГАРО-ЗАЙСАНСКОЙ МЕЖГОРНОЙ КОТЛОВИНЫ

¹Барышников С. Г. ORCID ID 0009-0005-2883-6760,

²Сметанин Н. В. ORCID ID 0009-0002-5599-7592,

²Барышникова О. Н. ORCID ID 0000-0002-8205-0970

¹*Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения
Российской академии наук, Барнаул, Российская Федерация;*

²*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Алтайский государственный университет», Барнаул, Российская Федерация,
e-mail: kirillsimin8@gmail.com*

Джунгаро-Зайсанская межгорная котловина располагается в центре Евразии, по её днису протекает река Черный Иртыш. В историческое время территория была частью Великого шелкового пути. В наши дни она активно развивается в рамках проекта «Большого освоения Запада Китая». В связи с этим усиливается давление на окружающую среду. Цель исследования – дать характеристику природно-хозяйственной системе Джунгаро-Зайсанской межгорной котловины и обосновать рекомендации по снижению экологических ограничений развития региона. Метод палеогеографических и исторических аналогий позволил сопоставить события геологического прошлого и возможные последствия природных и природно-антропогенных изменений природной среды на территории Джунгаро-Зайсанской межгорной котловины. В качестве современных аналогов рассматривались гидроузлы, существующие на реках Китая. Пространственное развитие экологических ситуаций устанавливалось на основе данных дистанционного зондирования Земли. Оценка потерь воды на испарение рассчитана для средней площади водоемов и на основе данных о технических параметрах канала Черный Иртыш – Карамай. Природные условия осложняют дальнейшее освоение ресурсов данной территории. Установлено, что в условиях аридного климата, за счет потерь воды из канала Черный Иртыш – Карамай и воды, испарившейся с поверхности оз. Зайсан, можно было бы обеспечить питьевой водой около трех миллионов человек или ежегодно орошать более 2000 гектаров сельхозугодий. Природно-хозяйственная система Джунгаро-Зайсанской межгорной котловины представляет собой парадинамическое единство, в котором уровни озера Зайсан, Черного Иртыша с притоками обусловлены характером изменения тектонических процессов, климата и интенсивности антропогенного воздействия. В XXI веке наряду с традиционными отраслями хозяйства развиваются: угольная, нефтегазовая, металлургическая, нефтехимическая промышленности; машиностроение и переработка сельскохозяйственного сырья. Для минимизации экологических ограничений развития региона необходимо исключить потери при хранении и транспортировке воды, а также применять водосберегающие сельскохозяйственные технологии.

Ключевые слова: Джунгаро-Зайсанская межгорная котловина, природно-хозяйственная система, экологические ограничения

NATURAL AND ECONOMIC SYSTEM OF THE DZUNGAR-ZAISAN INTERMOUNTAIN BASIN

¹Baryshnikov S. G. ORCID ID 0009-0005-2883-6760,

²Smetanin N. V. ORCID ID 0009-0002-5599-7592,

²Baryshnikova O. N. ORCID ID 0000-0002-8205-0970

¹*Institute of Water and Environmental Problems, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russian Federation;*

²*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Altai State University», Barnaul, Russian Federation, e-mail: kirillsimin8@gmail.com*

The Dzungar-Zaisan Intermontane Basin is located in the center of Eurasia, with the Black Irtysh River flowing through its floor. Historically, the area was part of the Great Silk Road. Today, it is actively developing as part of the Great Western China Development Project. This is causing increasing environmental pressure. The aim of this study is to characterize the natural and economic system of the Dzungar-Zaisan Intermontane Basin and to substantiate recommendations for mitigating environmental constraints on the region's development. A method of paleogeographic and historical analogies allowed us to compare geological events and the possible consequences of natural and anthropogenic changes to the environment in the Dzungar-Zaisan intermountain basin. Hydroelectric power stations on Chinese rivers were considered as modern analogs. The spatial development of environmental situations was determined using Earth remote sensing data. Evaporation losses were estimated for the average area of the reservoirs and based on technical parameters of the Black Irtysh-Karamay Canal. Natural conditions complicate further development of the territory's resources. It has been established that, in an arid climate, water losses from the Black Irtysh-Karamay Canal and water evaporated from Lake Zaysan could provide drinking water for approximately three million people or irrigate over 2,000 hectares of agricultural land annually. The natural and economic system of the Dzungar-Zaisan intermountain basin represents a paradyamic unity, in which the levels of Lake Zaysan, the Black Irtysh, and its tributaries are determined by the nature of tectonic processes, climate change, and the intensity of anthropogenic impact. In the 21st century, alongside traditional economic sectors, coal, oil and gas, metallurgy, and petrochemical industries are developing, as well as mechanical engineering and agricultural processing. To minimize environmental constraints on regional development, it is necessary to eliminate losses during water storage and transportation and implement water-saving agricultural technologies.

Keywords: Dzungar-Zaisan intermountain basin, natural and economic system, environmental constraints

Введение

Джунгаро-Зайсанская межгорная котловина располагается в центре Евразии, на ее территории находится точка, максимально удаленная от океанов (46°16,80' с. ш. и 86°40,20' в. д.). По днищу котловины протекает река Черный Иртыш, которая впадает в озеро Зайсан, занимающее одноименную впадину. Джунгаро-Зайсанская межгорная котловина отделена горными сооружениями, а в ее юго-восточной части пустыней Дзосотын-Элисуан от основных территорий республики Казахстан и Синьцзян-Уйгурского автономного района Китая. Джунгаро-Зайсанская межгорная котловина принадлежит бассейну Черного Иртыша, имеет общую геологическую историю, тенденции развития современных тектонических и климатических процессов.

В исторические времена население Джунгарии занималось скотоводством и растениеводством на орошаемых землях. Эта территория была частью Великого шелкового пути, которую контролировали джунгары, они грабили караваны, совершали нападения на поселения. Набеги прекратились после победы династии Цин над Джунгарским ханством, но историческая память уйгурского населения сохраняет определенный протестный потенциал. Для его снижения, в настоящее время, правительство Китая проводит политику выравнивания уровней экономического развития Западных и Восточных районов Китая [1]. Территория исследования входит в проект «Большого освоения Запада Китая», рассчитанный до 2050 г. Его реализация сопровождается усилением давления на окружающую среду. Современная территориальная организация хозяйства данного региона характеризуется исторической преемственностью, но с открытием месторождений полезных ископаемых и развитием промышленных технологий появились новые отрасли хозяйства, использующие местные минеральные ресурсы. Суровые природные условия Джунгаро-Зайсанской межгорной котловины осложняют хозяйственное освоение этого региона.

Цель исследования: дать характеристику природно-хозяйственной системе Джунгаро-Зайсанской межгорной котловины и обосновать рекомендации по снижению экологических ограничений развития региона.

Материалы и методы исследования

Метод палеогеографических и исторических аналогий позволил установить

сходство между событиями геологического прошлого и возможными последствиями современных природных и природно-антропогенных изменений природной среды на территории Джунгаро-Зайсанской межгорной котловины. В качестве современных аналогов рассматривались гидроузлы, созданные на реках Китая [2]. Пространственное развитие экологических ситуаций исследовалось на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Оценка потерь воды на испарение с поверхности оз. Зайсан рассчитана для средней площади водоема, а с поверхности воды в канале Иртыш – Карамай – на основе данных [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Джунгаро-Зайсанская межгорная котловина представляет собой комплекс выровненных поверхностей, сформировавшихся на разных этапах геологической истории. Они отличаются геологическим строением, морфометрическими особенностями и относятся к различным геоморфологическим формациям [4, с. 26-28]: современных транзитных аллювиальных равнин, пластовых равнин, эоловых равнин, пролювиальных наклонных равнин, денудационного и линейного мелкосопочников.

Самое молодое геоморфологическое образование – это современная долина Черного Иртыша, структурными элементами которой являются: пойма, первая и вторая надпойменные террасы. Мощность их аллювия соответствует зонам тектонических опусканий и достигает шести метров. Осадочные отложения долины не ограничивают свободное развитие русловых процессов, формируется сегментно-гравистая пойма, с наложенными на её поверхность дельтами правых притоков Черного Иртыша. В поймах рек произрастают: тополь разнолистный (*Populus heterophylla* L.), лох (*Eleagnus angustifolia*), ивы, гребенщик стройный (*Tamarix gracilis*). Террасированные склоны этой части долины осложнены слабо закрепленными барханными или грядовыми песками (рис. 1), которые создают риски для сельскохозяйственного освоения территории. Долина современного Иртыша выработана в отложениях пластовых равнин. В дельтах рек, примыкающих к руслу Черного Иртыша, возделывается культурная растительность. Но доминируют на территории исследования ассоциации опустыненных степей в сочетании с полынно-солянковыми и полынно-злаковыми сообществами.



Рис. 1. Участки озерной равнины: А – в Зайсанской впадине; Б – в Джунгарской котловине; В – золотые пески дельты и террас Пра-Иртыша в уезде Бурунчи; Г – пески на левом берегу Иртыша в уездах Хабахэ и Бурчун
Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования

Пластовые равнины характеризуются наличием в фундаменте глинистых слоев раннего и среднего кайнозоя, на протяжении которого в Джунгаро-Зайсанской межгорной котловине существовал водоем значительно больших размеров, чем современное озеро Зайсан. После его регрессии сформировалась озерная равнина (рис. 1. А, Б), сложенная глинами, гипсом, суглинками и песками с линзами соли. В фундаменте этих пород залегает мощный слой древних и новейших рыхлых отложений. Озерная равнина возвышается над урезом воды на 10-15 м и может достигать ширины более 30 км.

На поверхности встречаются временные озера с такырами. Плоские водоразделы заняты полынно-ковыльными, тырсово-типчачковыми степями и ковыльно-караганово-таволговыми сообществами на светло-каштановых почвах. В пустынях Джунгарии произрастают: саксаулы (*Haloxylon ammodendro*), джужгун (*Calligonum comosum*), эфедра (*Ephedra distachya*), осока (*Carex gunchorphyusa*), а на солончаках – солянки.

Еще один уровень равнин сформировался в неогеновое время (25 млн лет назад) после опускания Зайсанской впадины и поднятия Калбинского хребта, который стал преградой движению вод Пра-Иртыша в северо-западном направлении, образовалось озеро Зайсан и изменилось направление течения реки Иртыш при выходе из него [5; 6].

Основными источниками питания Пра-Иртыша в Сартанское время были ледниковые воды. Отложения русловой, пойменной и дельтовой фаций бывшей реки распространены в центральной части района исследования. На днище призайсанской долины Черного Иртыша обнаружены [7] фрагменты русла Пра-Иртыша, а на предгорной равнине, перекрытой отложениями щебня и галечника, дельты его притоков. Последние в настоящее время располагаются существенно выше современного базиса эрозии, что указывает на новейшие погружения днища котловины. К древним дельтам приурочены массивы сельскохозяйственных угодий, которые подвергаются ветровой эрозии.

Переходное положение между озерными ступенчатыми равнинами и горами Алтая занимает пролювиальная наклонная равнина, сформировавшаяся в эпоху тектонического покоя. В ее фундаменте находится мел-палеогеновая кора выветривания, с отложениями которой связаны месторождения благородных металлов. На предгорных наклонных равнинах преобладают опустыненные степи на светло-каштановых почвах. Они представлены полынно-дерновинно-злаковыми сообществами из ксерофитных злаков (*Festuca valesiaca*, *Stipa lessingiana*, *S. capillata*, *S. sareptana*) и полыней (*Artemisia sublessingiana*, *A. gracilescens*,

A. marschalliana). На холмистых равнинах, расположенных в предгорьях, произрастают разнотравно-типчаково-ковыльные степи, а по ложбинам стока тырсовые степи сочетаются с зарослями караганы (*Caragana camilli-schneideri*) на лугово-каштановых промытых почвах. Для Джунгарской котловины характерны сообщества с доминированием ковылька (*Stipa orientalis*).

В северной части Зайсанской котловины существуют вытянутые возвышенности шириной до 5 км и протяженностью до 50 км. Они могут быть отнесены к геоморфологической формации форбергов [7] и представляют собой признак поднятия периферических частей межгорных впадин. Эти процессы должны учитываться при создании и эксплуатации гидротехнических сооружений на территории исследования. На склонах сопок Южного Алтая распространяются полынно-тырсово-ковыльковые сообщества на щебнистых бурых почвах. В нижних частях склонов они переходят в дерновинно-злаково-холоднополынные

сообщества на светло-каштановых сильно щебнистых малоразвитых почвах.

Важное значение для хозяйственного использования территории имеет исследование закономерностей формирования эоловой равнины [8], относящейся к геоморфологической формации наложенного типа. Ее образование началось в позднем плейстоцене-голоцене в процессе эолового переноса песков из долины Пра-Иртыша. Поверхность песчаных эоловых равнин отличается бугристо-западинным или грядовым рельефом (рис. 1 В, Г). На днище Джунгарской котловины песчаные массивы лишь частично закреплены растительностью. В соответствии с преобладанием ветров юго-западного и южного направлений на расстоянии 80-150 км от области питания, песок перемещается ветром и формирует наложенные эоловые формы на водоразделе рек Бурчун и Карасу, где высота барханов достигает 70 метров, а в левобережье реки Бурчун песком покрываются сельскохозяйственные поля (рис. 2А).

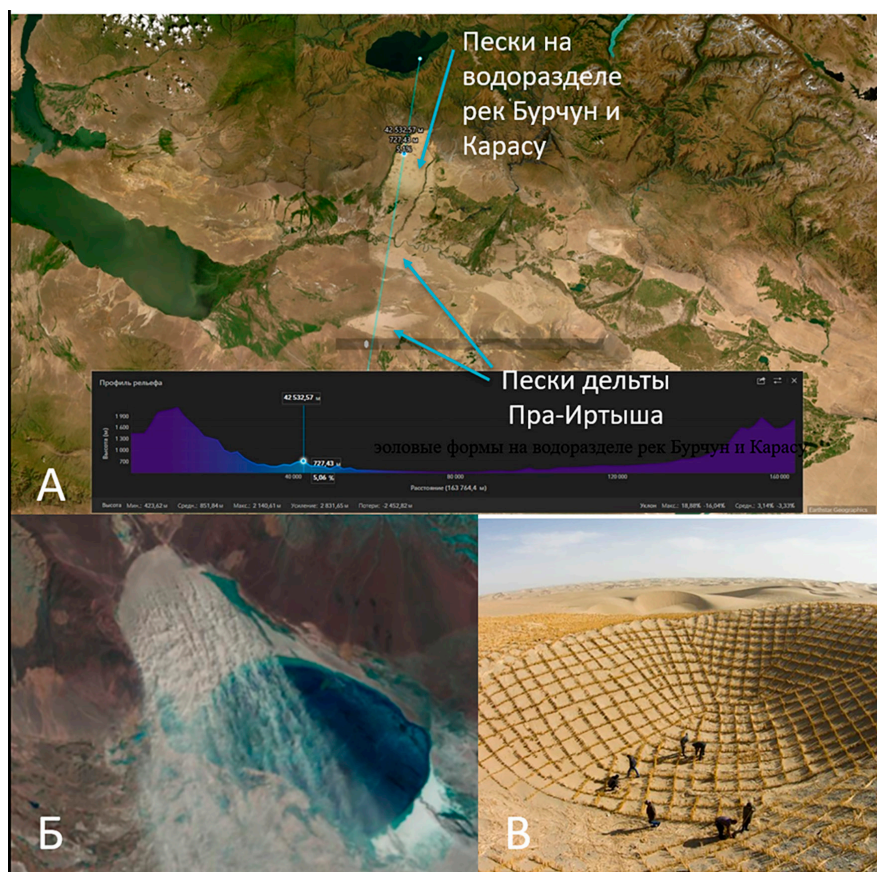


Рис. 2. Ветровая эрозия и способы борьбы с ней: А – песчаный массив на водоразделе рек Алкабек и Бурчун и его область питания; Б – эоловый перенос соли из котловины оз. Эби-Нур (снимок LANDSAT-5 TM); В – строительство кольцевой лесополосы вокруг пустыни Такла-Макан
Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования

Результаты расчета потерь воды на испарение из водохранилищ, каналов

Объект исследования	Количество испарившейся воды	Площадь или протяженность объекта
Черный Иртыш – Карамай	4,24 км ³ в год 34 300 000 м ³ /год 34 300 000 000 л/год	571 км, ширина 6 м Площадь зеркала воды – 3426 км ²
Зайсан	36 600 000 м ³ /год (пустыня); 18 100 000 м ³ /год (степь); 36 600 000 000 л/год (пустыня) 18 100 000 000 л/год (степь)	До сооружения Бухтарминской ГЭС площадь озера составляла 1830 км ² , длина 140 км, ширина около 30 км

Примечание: составлено авторами на основе источника [3] и данных, полученных в ходе исследования.

Конфигурация горных сооружений, обрамляющих Джунгаро-Зайсанскую котловину, усиливает климатический эффект внутриконтинентального положения территории и создает явление орографической континентальности, которая выражается в формировании резко континентального климата ($K_k=10$, Σt_{10} от 2600 до 3000 °С, r от 100 до 200 мм, K_u от 0,2 до 0,1). Среднегодовое количество осадков составляет 200 мм в западной части и 100 мм в восточной части района исследования. В предгорьях, благодаря барьерному эффекту гор, количество осадков возрастает до 600 мм. Особенностью климата является частая повторяемость высоких скоростей ветра.

В условиях дефицита осадков, значительных суточных и сезонных амплитуд температуры воздуха активно протекает физическое выветривание и дефляция, происходит соленакопление в почвах. В течение всего вегетационного периода в почве наблюдается недостаток влаги. В предгорной зоне, где влагообеспеченность повышается, встречается дикорастущая люцерна – ценная кормовая культура. Степные ландшафты представляют собой естественные пастбища, на которых кормятся: дикий верблюд, кулан, дикая лошадь Пржевальского (тахь), джейран, антилопа сайгак.

На протяжении многих веков в регионе было развито пастбищно-кочевое скотоводство, которое сопровождалось изменением видового состава травостоя, снижением продуктивности лугов, эрозийными процессами, сокращением ареала древесно-кустарниковой растительности. Тем не менее животноводство остается основной отраслью специализации хозяйства Джунгаро-Зайсанской природно-хозяйственной системы [9; 10]. В бассейне Черного Иртыша разводят верблюдов и лошадей. Это важнейший для Китая район пастбищного скотоводства.

Среди земель, перспективных для выгона скота, более 47% занимают опустыненные степи и пустыни; 29% – степи; 23,5% – луга; 2% – заболоченные участки. Для предотвращения процессов дигрессии, среди которых наибольшую опасность представляет золотой перенос незакрепленного субстрата, необходима оценка емкости пастбищ. Для водных экосистем актуально нормирование вылова рыбы. Рыболовство развито на озере Зайсан, а в верхнем течении Черного Иртыша оно запрещено.

Земледелие развивается в оазисах и на орошаемых землях. Растениеводство представлено зерновым хозяйством (пшеница, кукуруза, рис), хлопководством, льноводством, овощеводством (сахарная свёкла и др.). В предгорьях существует плодоводство и виноградарство. В долине Черного Иртыша на долю орошаемых сельхозугодий приходится около 96% от общей площади пашни. Последние приурочены к древним и современным дельтам притоков Черного Иртыша и к речным террасам (рис. 2А), сложенным мелкозернистыми песчаными, супесчаными и суглинистыми грунтами. После полива загрязненные воды с полей попадают в Черный Иртыш. Они несут с собой сложное окисляемые органические вещества, пестициды, нитраты и нитриты. На орошаемых полях, в условиях мощного испарения, происходит вторичное засоление.

Естественной реакцией населения на дефицит воды является создание водохранилищ и прудов. С конца XX века для решения проблем водоснабжения осуществляется переброска вод по открытым каналам системы Иртыш – Карамай – Урумчи, на что тратится 10-11% от общего объема стока Черного Иртыша [3]. Обсуждается проект продления канала до оз. Эби-Нур, расположенного в зоне крайне высокой испаряемости. Это наряду с временным эффектом

стабилизации уровня оз. Эби-Нур и обеспечения водой сельхозугодий приведет к дополнительным потерям воды на испарение (табл.) не только из-за высокой температуры воды, но и иссушения ветром (рис. 2Б), весной и осенью высока повторяемость пыльных бурь. За счет потерь воды из канала Черный Иртыш – Каратай можно обеспечить питьевой водой около двух миллионов человек, из расчета 18 250 л/(чел./год), или ежегодно орошать 1608 гектаров сельхозугодий. Водой, испарившейся с поверхности оз. Зайсан, – 991 781 человек и 862 га/год.

В настоящее время на территории округа Алтай построены водохранилища и две ГЭС на реке Бурчун: Бурчун-Чункур (2009) и Бурчун-Шанькоу (2014) [11], увеличилось потребление воды на промышленные и сельскохозяйственные нужды. По этой причине за последние 30 лет объем стока, поступающего с территории Китая в Казахстан, уменьшился почти в три раза [12], что привело к понижению уровня озера и заболачиванию дельты Черного Иртыша. Дальнейшее падение уровня воды в нем вызовет врезание реки Черный Иртыш и ее притоков, более активный вынос аллювия, формирование террас и осушение сельхозугодий на территории округа Алтай (СУАР, Китай), что нивелирует эффект от создания ирригационных систем. Водоохранилища небольшого объема, созданные на горных и полугорных реках округа Алтай, быстро заносятся аллювием. Задержка наносов в их чашах и регулирующие сбросы активизируют глубинную эрозию в их нижних бьефах, а посадка уровней приводит к понижению грунтовых вод на пойме и увеличению гидростатического давления на плотину [2], которое может вызывать аварийные ситуации. Они имели место в 2013 и 2016 годах, а в 2024 году произошёл прорыв плотины на реке Бурчун. Поток воды от гидропоста Наньвань (СУАР) увеличился до 2070 м³/с. После впадения р. Бурчун в Черный Иртыш уровень последнего (гидропост Боран) поднялся до 543 см – это на 18 см выше критического уровня [13]. Расход воды в реке Черный Иртыш на гидропосту Боран при этом достигал 1700 м³/с. Казахская сторона увеличила сброс воды из Усть-Каменогорского водохранилища (контррегулятор Бухтарминского водохранилища) в среднем с 500 до 800 кубометров в секунду, трагедии удалось избежать.

Дальнейшее развитие экономики СУАР неизбежно влечет за собой рост населения, энергопотребления и строительство новых

ГЭС, а также рост изъятия воды из Черного Иртыша. Строятся 13 новых водохранилищ малой и средней мощности и ГЭС – «Цяобатэ». К 2030 году вслед за ростом населения на 15% суммарное водопотребление может достигнуть 4,5 км³ [12; 14]. Это обусловлено тем, что отраслями специализации хозяйства района исследования становятся: водоемкое нефтехимическое производство и энергоёмкое машиностроение.

На территории располагается Зайсанская нефтегазоносная область (Казахстан) и месторождение Каратай (Китай). Запасы последнего составляют: 1,955 млрд тонн нефти и 109,1 млрд кубометров природного газа. Ежегодная добыча достигает более 20 млн тонн нефтяного эквивалента в год. Неизбежное нефтяное загрязнение в аридных ландшафтах Зайсано-Джунгарской впадины исчезает быстрее, чем в северных районах, а с применением биоремедиации разложение нефтепродуктов происходит за несколько месяцев [15]. Из-за большого количества солнечной радиации быстро разлагаются нефтепродукты и нефть. Самоочищение водным путем идет медленно, так как годовой слой стока не превышает 30–10 мм. Дефицит воды является основным фактором, сдерживающим дальнейшее развитие всего региона.

На территории исследования ведется разработка месторождений угля (Джунгарское и Зайсанское), строительных материалов (ТОО «СМУ–Шыгыс»), добыча соли и соды. Производятся удобрения (ООО «Чжэнчжоу Шанда Биотек», СУАР), пиломатериалы, фанера «Синьцзян-Линьюань» и мебель. В округе Алтай ведется обработка кожи и шерсти, производство хлопчатобумажных тканей и продукции швейной промышленности. Пищевая промышленность представлена производством муки, мяса (более 1 000 000 тонн баранины и говядины). Существенное значение для экономики района имеет таможенный переход, через который осуществляется торговля с Китаем. Последний реализует инфраструктурные проекты для интенсификации взаимодействия с приграничными регионами и странами. Новая зона приграничной торговли между КНР и Казахстаном открылась в районе КПП Цзимунай, который является важным коридором международной торговли Китая с Казахстаном, Россией и другими странами. Пропускная способность КПП – 200 тыс. тонн и 100 тыс. человек в год. Постепенно формируется единая инфраструктурная сеть, обеспечивающая международную торговлю [16].

В процессе реализации проекта «Большого освоения Запада Китая» может быть поглощен весь сток Черного Иртыша, который формируется до вреза канала Иртыш – Карамай – Урумчи. Прогноз возможных последствий для экономики региона должен создаваться с учетом ожидаемого изменения объема стока реки под влиянием природных факторов [15] и структуры водопотребления. В настоящее время большая часть пресной воды расходуется на нужды сельского хозяйства – 49 860 млн м³/год; промышленности – 1137 млн м³/год; коммунально-бытового хозяйства – 1288 млн м³/год. Исходя из того, что 65% от объема водопотребления использует сельское хозяйство, необходимо применение водосберегающих технологий: капельное орошение, поливы через экраны из интерполимерного комплекса; использование защитного слоя (мульчи) на бороздах, лазерное выравнивание, применение специальных добавок, использование галафитов, создание на поверхности водоемов тростниковых матов для выращивания сельскохозяйственных культур. Перечисленные меры позволят существенно снизить расходы воды на суммарное испарение и предупредить вторичное засоление орошаемых массивов. На территории СУАР успешно внедряется традиционная технология для предотвращения миграции песчаных отложений (рис. 2В). На песках пустыни Такла-Макан было высажено 3 000 км лесных полос общей площадью более 30 млн га, доля лесов возросла с 10% до 25%. Необходимо также внедрение агроландшафтной системы земледелия [17].

Современная экологическая ситуация на территории Джунгаро-Зайсанской межгорной котловины изменяется от удовлетворительной в горах Алтая, где преобладает традиционное природопользование и взаимодействие этнических групп населения, до критической в долине Черного Иртыша [18], где преобладает орошаемое земледелие, а в растениеводстве занято преимущественно уйгурское население. Из-за нарастающей аридизации климата, понижения уровня грунтовых вод возможна потеря урожайности сельхозкультур, активизация эоловых процессов и, как следствие, – снижение уровня жизни коренного населения.

Заключение

Природно-хозяйственная система Джунгаро-Зайсанской межгорной котловины формировалась на протяжении многих веков. Традиционными отраслями хозяй-

ства являются животноводство и растениеводство на орошаемых землях. В XX веке существенно возросла роль горнодобывающей (угольная, нефтегазовая, металлургическая) и нефтехимической промышленности, отраслей машиностроения и переработки сельскохозяйственного сырья. Рыночная специализация хозяйства базируется на местных природных ресурсах, но дальнейшее экономическое развитие сдерживается дефицитом воды. Джунгаро-Зайсанская природно-хозяйственная система представляет собой парадинамическое единство, в котором уровни озера Зайсан, Черного Иртыша с притоками обусловлены характером изменения тектонических процессов, климата и интенсивности антропогенного воздействия. Особенности природы Джунгаро-Зайсанской межгорной котловины определяют пороги дальнейшего развития. Для минимизации экологических ограничений необходимо исключить потери при хранении и транспортировке воды, а также применять водосберегающие сельскохозяйственные технологии.

Список литературы

1. World Bank. China Economic Update, December 2020: From Recovery to Rebalancing – China's Economy in 2021. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2020. 56 p.
2. Чалов Р. С., Чжао Е., Волкова Т. И., Лю Ш., Чалов С. Р., Завадский А. С. Влияние гидроузлов на русловые процессы в нижнем течении рек Хуанхэ и Янцзы // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015. С. 67-75. URL: https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/article/view/176?locale=ru_RU (дата обращения: 22.03.2026).
3. Терехов А. Г. Технические характеристики водного канала Кара-Ерчис-Урумчи: спутниковые оценки // Гидрометеорология и экология. 2018. № 4. С. 63–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-harakteristiki-vodnogo-kanala-kara-ertis-urumchi-sputnikovyie-otsenki> (дата обращения: 07.04.2026).
4. Новиков И. С. Геоморфологические формации юга Западной Сибири и прилегающих территорий // Геоморфология и палеогеография. Т. 55. № 4. 2024. С. 26–41. DOI: 10.31857/S2949178924040037.
5. Малолетко А. М. Эволюция речных систем Западной Сибири в мезозое и кайнозое. Томск: Томский государственный университет, 2008. 288 с. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000350177> (дата обращения: 04.03.2026) ISBN: 5-94621-266-4.
6. Деев Е. В., Зольников И. Д., Курбанов Р. Н. Проблема мегапаводков и катафлювиальных отложений в понимании четвертичной истории северной Евразии (от редколлегии) // Геоморфология и палеогеография. 2024. № 55 (4). С. 5-12. DOI: 10.31857/S2949178924040014. EDN: FHCGIW.
7. Мамедов Г. М., Новиков И. С. Геоморфология Джунгарской равнины и ее горного обрамления // Геоморфология. 2015. № 1. С. 88-100. DOI: 10.15356/0435-4281-2015-1-88-100.
8. Зыкина В. С., Зыкин В. С., Маликова Е.Л. Лёссово-почвенная последовательность и эоловый рельеф плейстоцена Западной Сибири: хронология и особенности их формирования // Геоморфология и палеогеография. 2024.

Т. 55. № 2. С. 34-62 URL: <https://journals.eco-vector.com/2949-1789/article/view/660702> (дата обращения: 07.04.2026).

9. Черных Д. В. Ландшафтные основы формирования и оптимизации территориальной организации природопользования в горах (на примере гор Южной Сибири) // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2016. № 2 (41). С. 22-31 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/landshaftnye-osnovy-formirovaniya-i-optimizatsii-territorialnoy-organizatsii-prirodopolzovaniya-v-gorah-na-primere-gor-yuzhnoy-sibiri/viewer> (дата обращения: 07.04.2026).

10. Черных Д. В., Лубенец Л. Ф. Дробное природно-хозяйственное районирование Алтае-Саянского горного региона: опыт выделения субрегиональных природно-хозяйственных систем // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2016. № 3 (42). С. 13-26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/drobnoe-prirodno-hozyaystvennoe-rayonirovanie-altae-sayanskogo-gornogo-regiona-opyt-vydeleniya-subregionalnyh-prirodno> (дата обращения: 07.04.2026).

11. Зонн И. С., Жильцов С. С., Семенов А. В., Костяной А. Г. Трансграничные реки Казахстана и Китая // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2018. № 4 (27). С. 82-90. URL: <https://vestnik-mui.v.ru/article/transgranichnye-reki-kazakhstan-i-kitaya/> (дата обращения: 07.04.2026). DOI: 10.21777/2587-554X-2018-4-82-90.

12. Михайлова Н. И., Логиновская А. Н. Прошлое, настоящее и будущее водной системы Зайсан-Иртыш // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proshloe-nastoyashee-i-budushee-vodnoy-sistemy-zaysan-irtysh> (дата обращения: 14.02.2026).

13. Министерство водных ресурсов и ирригации Казахстана сообщило о прорыве дамбы в Китае, 22 мая 2024. URL:

<https://ru.sputnik.kz/20240522/dambu-prorvalo-v-kitae---na-vo-stoke-kazakhstan-povyshaetsya-uroven-vody-44483556.html> (дата обращения: 07.04.2026).

14. Зиновьев А. Т., Кошелева Е. Д. Произошедшее и ожидаемое изменение объема стока рек Обь-Иртышского бассейна под влиянием природно-климатических факторов // Вопросы географии. Сб. 145: Гидрологические изменения. М.: Кодекс, 2018. С. 77-88. URL: <http://www.igras.ru/sites/default/files/%D0%92%D0%93-145.pdf> (дата обращения: 07.04.2026).

15. Кужамбердиева С. Ж., Нарманова Р. А., Радкевич М. В. Эффективность биоремедиации нефтезагрязненных почв с использованием адаптированных микробных консорциумов в условиях аридного климата республики Казахстан // Universum: химия и биология. 2025. № 8 (134). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/20514> (дата обращения: 07.04.2026).

16. Глянц М. Китайская инициатива «Один пояс — один путь»: что может сделать «бренд» // Проблемы постсоветского пространства. 2017. № 4 (1). С. 8-19. DOI: 10.24975/2313-8920-2017-4-1-8-19.

17. Кочуров Б. И., Лобковский В. А. Агрolandшафтная система земледелия как фундаментальная технологическая программа борьбы с опустыниванием земель // Проблемы региональной экологии. 2021. № 2. С. 44-51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agrolandshaftnaya-sistema-zemledeliya-kak-fundamentalnaya-tehnologicheskaya-programma-borby-s-opustynivaniem-zemel> (дата обращения: 07.04.2026).

18. Барышников С. Г. Геоэкологические проблемы в трансграничном бассейне реки Иртыш // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 48-60. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-48-60.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.